Math. A. Hoyer
116 f.q.
837
E

<36634567710011 S

<36634567710011

Bayer. Staatsbibliothek

Math. A. 116 g

KURZES HANDBUCH

DER

MASCHINENKUNDE

VON

BAYERISCHE
STAATS-
BIBLIOTHEK
MUENCHEN

EGBERT VON HOYER

O. PROFESSOR AN DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU MÜNCHEN.

MIT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

ZEHNTE LIEFERUNG.

MÜNCHEN
THEODOR ACKERMANN
KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER
1898.

3319

Ankündigung.

Das hiermit dem Publikum dargebotene kurze Handbuch der Maschinenkunde oder allgemeinen Maschinenlehre ist in erster Linie dazu bestimmt, den Vertretern der industriellen, mechanischen und chemischen Technik (Fabrikanten, Fabrikdirektoren, Fabriktechnikern u. s. w.) ein übersichtliches Bild des heutigen Standpunktes der Maschinen zu geben, und daher zunächst diesem Zwecke in der Art der Behandlung, im Umfang und in der Auswahl des Stoffes angepasst.

Die Gesamtanlage und der Inhalt des von einem Verfasser herrührenden Werkes, der als Vertreter der mechanischen Technologie wohl besonders mit den Bedürfnissen der verschiedenartigsten technischen Berufszweige vertraut sein dürfte, weisen jedoch darauf hin, dass beabsichtigt ist, eigentlich allen, welche den Maschinen aus irgend einem Grunde ein weitergehendes Interesse zuwenden, u. A. auch Studierenden technischer Hochschulen, Offizieren, Landwirten u. s. w. mit diesem Buche einen Leitfaden zum Studium in die Hand zu geben, der geeignet ist, gründlich in das Maschinenwesen einzuführen.

In Rücksicht hierauf ist auf eine leicht verständliche Darstellung ein grosses Gewicht gelegt, die Auswahl der die Darstellung begleitenden Textfiguren auf das sorgfältigste getroffen, vor allem aber in bezug auf die des ausserordentlich grossen Gebietes wegen sehr schwierige Begrenzung des Inhaltes mit der grössten Umsicht vorgegangen.

Das Buch gliedert sich nach folgenden fünf Hauptteilen:

I. Teil. — **Maschinenelemente**, nebst Flüssigkeits-Haltungen und Leitungen mit Ausrüstung, sowie Transmissionen mit Rücksicht auf elektrische und Druckluft-Kraftverteilung.

II. Teil. — **Technische Feuerungsanlagen** (Abdampfapparate, Dampferzeuger, Kocher u. s. w.) — **Wasserreinigung**.

KURZES HANDBUCH

DER

MASCHINENKUNDE

VON

EGBERT VON HOYER

O. PROFESSOR AN DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU MÜNCHEN.

MIT 922 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER

1898.

Kgl. Hof- und
Staatsbibliothek
München.

Vorwort.

Wie in der Einleitung ausführlich erörtert ist, wurde bei der Bearbeitung des vorliegenden kurzen Handbuches der Maschinenkunde der Verfasser in erster Linie von der Absicht geleitet, den Vertretern der industriellen, mechanischen und chemischen Technik ein übersichtliches Bild des heutigen Standes des Maschinenwesens vorzulegen. Im Hinblick jedoch auf die Bedürfnisse, welche in den genannten Kreisen zweifellos herrschen, ging derselbe über den gewöhnlichen Rahmen der Maschinenkunde hinaus, indem er noch eine Reihe von Gegenständen in das Bereich der Betrachtung zog, welche in der Regel der Maschinenkunde nicht zugezählt werden, und fanden dementsprechend z. B. Ferntriebe, Feuerungs- und Wärmeanlagen mit Berücksichtigung der Eigenschaften der Wärme und der Brennmaterialien, Kälteerzeugungsmaschinen, Vorschriften über die Untersuchung von Dampfkesseln und Dampfmaschinen, Dampfkesselgesetze, Maassnahmen zur Verhütung von Unfällen u. dergl. eingehende Berücksichtigung. Aus demselben Grunde dürfte die Aufnahme der gebräuchlichen Apparate zum Messen, Wägen etc. nicht unwillkommen sein.

Ein nicht geringerer Wert wurde ferner auf die Gruppirung und Auswahl des Stoffes gelegt, um das hier in Betracht kommende ausserordentlich grosse Gebiet auf einen möglichst engen Raum zusammenzufassen, ohne das Verständnis des einzelnen in Frage zu stellen, und dabei vor Allem das praktisch Bewährte bevorzugt, sowie die Auswahl der 922 Figuren auf das sorgfältigste getroffen.

Trotzdem die Vollendung des Werkes infolge unvorherzusehender Störungen weit mehr Zeit in Anspruch genommen hat, als im Plane lag,

fand sich der Verfasser nicht veranlasst, von den genannten Leitsätzen abzuweichen. Er wurde vielmehr stetig in der Überzeugung gestärkt, dass ein unentwegtes Festhalten an denselben für die Durchführung der Aufgabe am erspriesslichsten sei, und gewann das Vertrauen, dass die Arbeit in der vorliegenden Form und Ausdehnung die Dienste leisten werde, welche derselbe dabei im Auge hatte.

München im September 1897.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

Einleitung . 1

Erster Teil.

Maschinenelemente und ihre Verbindungen 7

Erster Abschnitt.

Verbindungselemente . 8

I. Unlösbare Verbindungen (Niete und Nietverbindungen, Zwingen und Zwängverbindungen . 8

II. Lösbare Verbindungen (Keile und Keilverbindungen, Schrauben und Schraubenverbindungen) . 11

Zweiter Abschnitt.

Bewegungselemente . 15

Erstes Kapitel.

Zapfen, Lager, Achsen, Wellen, Kupplungen 16

Zweites Kapitel.

Kurbel, Krummachse, Schubstangen, Kreuzköpfe, Führungen, Exzenter, Kurbelschleife, Balanzier . 31

Drittes Kapitel.

Räder . 45

I. Runde Räder (Cylinderräder, Kegelräder, Hyperbelräder) 46

A. Reibungsräder . 49

B. Riemenräder, Seilräder . 51

C. Zahnräder . 58

II. Unrunde Räder (Ellipsenräder, Schneckengetriebe, Kurvengetriebe) . . . 65

Viertes Kapitel.

Sperrwerke, Hemmwerke, Schaltwerke, Bremsen, Federn 66

Dritter Abschnitt.

Haltungselemente . 74

Erstes Kapitel.

Gefässe . 74

Zweites Kapitel.

Röhren und Rohrverbindungen, Schläuche, Rohrumhüllungen, Rohrbeschläge . . . 79

Vierter Abschnitt.

Haltungs-Ausrüstung . 97

Seite

Erstes Kapitel.

Verschlussorgane 98
I. Klappen 99
II. Hubventile 101
III. Schieber- und Kolbenventile 112
IV. Hähne 116
V. Flüssige Verschlüsse 118
VI. Dauernde Verschlüsse 120

Zweites Kapitel.

Stopfbüchsen und Kolben 121

Drittes Kapitel.

Flüssigkeitsstandzeiger 129
I. Probirhähne 130
II. Flüssigkeitsstandgläser 130
III. Flüssigkeitsstandschwimmer 133
IV. Flüssigkeitsstandzeiger mit Schmelzpfropfen 138

Viertes Kapitel.

Dampftrockner und Wasserabscheider 143

Fünftes Kapitel.

Druckmesser und Druckregler 151
I. Druckmesser (Manometer) 152
II. Druckregler (Glockendruckregler, Plattendruckregler, Kolbendruckregler, Federdruckregler, Schwimmerdruckregler, Windkessel) 159

Sechstes Kapitel.

Flüssigkeitsmesser 167
I. Raumflüssigkeitsmesser (Wasser- und Gasmesser) 168
II. Geschwindigkeitsflüssigkeitsmesser 174

Fünfter Abschnitt.

Kraftübertragung und Kraftverteilung 175

Erstes Kapitel.

Innere Transmission 176
I. Wellenleitung 176
II. Riementrieb 176
III. Zahnräder- und Schnurtrieb 182
IV. Maassnahmen zur Verhütung von Unfällen an Transmissionen 183
A. Schutzvorrichtungen 183
B. Verordnungen 188

Zweites Kapitel.

Äussere Transmission 190
I. Drahtseiltrieb 191
II. Wassertrieb (Akkumulatoren) 197
III. Dampftrieb 204
IV. Lufttrieb 205
V. Elektrizitätstrieb 217

Sechster Abschnitt.

Regulatoren 239

Erstes Kapitel.

Gegengewichte und Schwungräder 241

Seite

Zweites Kapitel.

Regulatoren . . . 248
I. Geschwindigkeitsregulatoren . . . 249
A. Zentrifugalregulatoren . . . 250
B. Differentialregulatoren . . . 263
C. Widerstandsregulatoren . . . 263
II. Dynamometrische Regulatoren . . . 264

Siebenter Abschnitt.

Fundamente . . . 265

Zweiter Teil.

Technische Feuerungs-Anlagen . . . 268

Erster Abschnitt.

Verbrennung, Eigenschaften der Wärme; Wasser, Wasserdampf . . . 269

Erstes Kapitel.

Verbrennung, Eigenschaften der Wärme (Brennstoffe), Wärmemessung . . . 269

Zweites Kapitel.

Wärmeübertragung . . . 275

Drittes Kapitel.

Wasser, Wasserdampf; Wasserreinigung . . . 276

Zweiter Abschnitt.

Feuerungsanlagen . . . 293

Erstes Kapitel.

Feuerungen . . . 294
I. Feuerungen für feste Brennstoffe . . . 296
A. Planrostfeuerungen . . . 301
B. Schrägrostfeuerungen . . . 304
II. Feuerungen für flüssige Brennstoffe . . . 308
III. Feuerungen für gasförmige Brennstoffe . . . 310
A. Luftgasfeuerungen . . . 312
B. Wassergasfeuerungen . . . 320
C. Halbwassergas (Dowson-) Feuerungen . . . 325

Zweites Kapitel.

Zugerzeugung . . . 326

Dritter Abschnitt.

Dampferzeuger . . . 329

Erstes Kapitel.

Material und Form . . . 329
I. Material . . . 329
II. Form . . . 332
A. Wasser- und Dampfraum . . . 333
B. Heizfläche . . . 334
C. Feuerzüge und Feuerungen . . . 337
D. Aufstellung (Einmauerung und Lagerung) . . . 341

Seite

Zweites Kapitel.

Dampfkesselausrüstung . . . 344
I. Dampfkesselspeisung . . . 344
A. Vorwärmer . . . 344
B. Speisevorrichtungen . . . 349
II. Dampfentnahme, Überhitzer . . . 355
III. Sicherheitsausrüstung; Dampfkesselgesetze . . . 357

Drittes Kapitel.

Dampfkesselsysteme . . . 384
I. Einfache Walzenkessel . . . 386
II. Siederohrkessel . . . 386
III. Wasserröhrenkessel . . . 390
IV. Flammrohrkessel . . . 402
V. Heizröhrenkessel . . . 409
VI. Zusammengesetzte Kessel . . . 413

Vierter Abschnitt.

Wärmeanlagen . . . 416

Erstes Kapitel.

Wärmeanlagen mit direkter Wärmezuführung . . . 419
I. Freie Feuer- und Schachtöfen . . . 419
II. Flammöfen . . . 419
III. Gefässöfen . . . 423
A. Tiegelöfen . . . 424
B. Muffel- und Retortenöfen . . . 427
C. Trommelöfen . . . 431
D. Pfannenöfen . . . 432
E. Kesselöfen . . . 433

Zweites Kapitel.

Wärmeanlagen mit mittelbarer Wärmezuführung . . . 436
I. Wärmeanlagen mit festen Wärmeträgern . . . 438
II. Wärmeanlagen mit flüssigen Wärmeträgern (Luftt, Dampf und Wasser) . . 439

Drittes Kapitel.

Kondensatoren . . . 452
I. Mischkondensatoren . . . 455
A. Einspritzkondensatoren . . . 455
B. Rieselkondensatoren . . . 458
C. Strahlkondensatoren . . . 461
II. Oberflächenkondensatoren . . . 463

Dritter Teil.

Kraftmaschinen . . . 472

Erster Abschnitt.

Formen und Wirkungsweisen der Kräfte . . . 473

Erstes Kapitel.

Formen der Kräfte . . . 474

Zweites Kapitel.

Arbeitsweisen der Kräfte . . . 484

Zweiter Abschnitt.

Wärmekraftmaschinen . . . 488

Seite

Erste Gruppe.

Dampfmaschinen 489

Erstes Kapitel.

Wirkung des Dampfes 491
I. Volldruck- und Expansionsmaschinen 492
II. Kondensatormaschinen 498

Zweites Kapitel.

Äussere Anordnung der Dampfmaschinen 500

Drittes Kapitel.

Dampfverteilung 503
I. Dampfdiagramme 503
II. Steuerungen 510
A. Schiebersteuerungen 511
B. Umsteuerungen 515
C. Erweiterte Schiebersteuerungen 520
1. Entlastete Schieber, Kolbenschieber, Gitterschieber, Kanalschieber 520
2. Expansionsschiebersteuerungen 524
D. Drehschiebersteuerung, Hahnsteuerung 531
E. Ventilsteuerungen 533
F. Präzisionssteuerungen 537

Viertes Kapitel.

Dampfmaschinensysteme 550
I. Feststehende Dampfmaschinen 551
II. Kesseldampfmaschinen 560

Fünftes Kapitel.

Dampfmaschinenanlagen 567

Sechstes Kapitel.

Untersuchungen von Dampfmaschinen und Dampfkesseln 574
A. Allgemeine Bestimmungen 574
B. Ausführungen der Untersuchungen 577

Zweite Gruppe.

Heissluft-, Feuerluft- und Gasmaschinen 584

Erstes Kapitel.

Heissluftmaschinen 586

Zweites Kapitel.

Feuerluftmaschinen 591

Drittes Kapitel.

Gasmaschinen 602
I. Ladung 605
II. Vorgang im Cylinder 610
III. Steuerung und Regulirung 617
IV. Zündung 623
V. Kühlung 629
VI. Systeme 630

Dritter Abschnitt.

Wasserkraftmaschinen 644

Erstes Kapitel.

Wasserleitungen 646

Seite

Zweites Kapitel.

Wasserradmaschinen 652
I. Wasserräder 652
A. Einführung des Wassers 653
B. Unterschlächtige Wasserräder 655
C. Mittelschlächtige Wasserräder 662
D. Rückenschlächtige Wasserräder 662
E. Oberschlächtige Wasserräder 664
II. Turbinen 665
A. Zuführung und Wirkungsweise des Wassers 667
B. Regulirung der Turbinen 675
C. Turbensysteme 684

Drittes Kapitel.

Wassersäulenmaschinen 702
I. Steuerungen 704
II. Hubwassersäulenmaschinen 710
III. Kurbelwassersäulenmaschinen 712

Vierter Abschnitt.

Windräder und Druckluftmaschinen 716

Erstes Kapitel.

Windräder 716

Zweites Kapitel.

Druckluftmaschinen 726

Fünfter Abschnitt.

Muskelkraftmaschinen 731

Vierter Teil.

Werkmaschinen 739

Erster Abschnitt.

Fördermaschinen 740

Erstes Kapitel.

Transportvorrichtungen 741
I. Fördergeräte 742
A. Schlitten 742
B. Räderfuhrwerke 742
C. Fördergeräte mit Anwendung eines Förderbandes, einer Schraube, einer Wippe oder eines Ventilators 752
II. Transportwege 756

Zweites Kapitel.

Hebezeuge 757
I. Hebeladen 759
II. Schraubenwinden 760
III. Zahnstangenwinden 765
IV. Rollenzüge 766
V. Räderwinden 777
VI. Treibkolbenhebezeuge 786
VII. Aufzüge 791
A. Windenaufzüge 797
B. Treibkolbenaufzüge 804

Seite

VIII. Krane . 810
A. Auslegerkrane . 811
B. Bühnenkrane . 820

Drittes Kapitel.

Wasserförder-Vorrichtungen 827
I. Schleuderwerke . 827
II. Schöpfwerke . 828
III. Pumpen
A. Kolbenpumpen:
1. Pumpen mit hin- und hergehenden Kolben 833
2. Pumpen mit Schwingkolben 855
3. Pumpen mit Drehkolben 856
B. Dampfsaug- und Druckpumpen 863
C. Luft- und Gasdruckpumpen 868
D. Wasserstrahlpumpen 870
IV. Feuerspritzen . 872

Viertes Kapitel.

Luftförder-Vorrichtungen . 876
I. Luftförderung durch Wärme 877
II. Luftförderung durch mechanische Vorrichtungen 878
A. Kolbengebläse . 878
1. Gebläse mit schwingenden Kolben 879
2. Gebläse mit hin- und hergehenden Kolben (Cylindergebläse, Luftkompressoren, Luftpumpen) 881
3. Gebläse mit Drehkolben (Kapselgebläse) 895
B. Schleudergebläse, Ventilatoren 896
C. Strahlgebläse . 901

Zweiter Abschnitt.

Formänderungsmaschinen . 902

Erstes Kapitel.

Maschinen zur Zerkleinerung und Zerteilung 903
I. Stampfwerke . 904
II. Schleudermühlen . 905
III. Maulbrecher . 908
IV. Walzwerke . 911
V. Kollermühlen . 913
VI. Kugelmühlen . 915
VII. Mahlwerke . 916
VIII. Raspel- und Hackmaschinen 920

Zweites Kapitel.

Maschinen zur Absonderung 923
I. Siebmaschinen . 923
II. Schlämmaschinen, Setzmaschinen, Staubfänger 928
III. Pressen, Schleudermaschinen, Waschmaschinen, Trockenmaschinen . . . 933
A. Pressen . 934
B. Schleudermaschinen 941
C. Waschmaschinen . 945
D. Trockenmaschinen . 950
IV. Mischmaschinen, Knetmaschinen 954

Dritter Abschnitt.

Kälteerzeugungsmaschinen . 962

Seite

Fünfter Teil.

Zustandsmaschinen . 971

Erstes Kapitel.

Geschwindigkeitsmesser 972
I. Hubzähler . 972
II. Umdrehzähler, Umdrehgeschwindigkeitsmesser 972

Zweites Kapitel.

Kraftmesser und Arbeitsmesser 975
I. Waagen . 975
A. Hebelwaagen . 976
B. Federwaagen . 983
C. Automatische Waagen 985
II. Dynamometer . 987
A. Dynamometer für indirekte Kraftmessung 987
B. Dynamometer für direkte Kraftmessung 990
1. Einschaltdynamometer 990
2. Indikatoren 994

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Einleitung.

Bei der rastlosen Entwickelung und stetig fortschreitenden Durchbildung der Einzelheiten auf dem Gebiete der industriellen Technik scheint es von einer nicht zu unterschätzenden Bedeutung ein allgemein übersichtliches Bild zu schaffen, welches in einem verhältnismässig kleinen Rahmen klar und bestimmt jene Punkte markirt, die in ihrer Aneinanderreihung und Zusammensetzung das Verständnis und die Auffassung also die Kenntnis des Ganzen ermöglichen und bedingen.

Unter den Einzelheiten treten als Teile des Ganzen in erster Linie diejenigen Mittel der technischen Betriebe in den Vordergrund, welche einen Gewinn an Kraft und Zeit ergeben, indem sie die Naturkräfte dienstbar machen und in weitestgehender Weise zur Ausnutzung bringen. Verwirklicht finden sich diese Mittel aber in dem körperlichen Gebilde, welches den Namen Maschine führt und ausschliesslich den Zweck hat, eine bestimmte mechanische Arbeit zu leisten, gleichgültig, ob diese in der Bewegung eines Uhrzeigers, in dem Schmieden eines Nagels, in dem Durchkneten einer Thonmasse oder in der Fortschaffung eines Eisenbahnzuges besteht.

Zur Erreichung dieses Zweckes ist nur erforderlich, dass die Maschine motorische Kraft aufnimmt und an bestimmter Stelle in bestimmter Weise zur Wirkung bringt. Dazu aber sind Körper notwendig, welche in genau vorgeschriebener gegenseitiger Beweglichkeit sich zu befinden haben, demgemäss geformt und verbunden sein müssen. Hieraus ergiebt sich aber, dass eine Maschine zu erklären ist: als eine Verbindung von Körpern, welche mit bestimmter gegenseitiger Beweglichkeit ausgestattet sind und durch Aufnahme motorischer Kraft zu bestimmten mechanischen Arbeitsleistungen befähigt werden.

Ausserordentlich zahlreich sind die Aufgaben, welche in der Technik den Maschinen zugewiesen sind; ebenso mannigfaltig müssen auch die letzteren in ihren Ausführungsformen sein, wenn sie den Aufgaben voll genügen sollen. Wenn es sich aber darum handelt, die Maschinen in ihrer Erscheinung zu erfassen, sie wissenschaftlich zu ergründen und übersichtlich zu ordnen, so ist es ausreichend, dieselben in den vier Richtungen der Erkenntnis zuzuführen, welche in der Definition zum Ausdruck gelangen.

Erstens kommt die motorische Kraft oder Triebkraft mit der Art ihrer Aufnahme in betracht.

Zweitens ist die Gestaltung der einzelnen Teile, aus welchen die Maschinen zusammengesetzt sind, zu erörtern.

Drittens bilden die Gesetze, nach welchen die bestimmte Beweglichkeit dieser Teile hervorgebracht und erhalten wird, den Gegenstand der Untersuchung.

Viertens unterliegt die Anordnung jener bestimmten Teile, welche die geforderte mechanische Arbeit verrichten, der Betrachtung.

Die Wissenschaft, welche das Maschinenwesen in dem durch die Definition gegebenen Umfange ganz zu behandeln bestimmt ist, hat sich auch in den genannten Richtungen entwickelt und somit nach Zweigen gegliedert, welche, jeder für sich nach wissenschaftlicher Methode vorgehend, alle Eigenschaften der Maschinen zu ergründen, zu prüfen und klar zu stellen haben, um Regeln zu gewinnen, welche die Frage nach der Einrichtung einer Maschine am vollständigsten zu lösen, und die letztere am ausgiebigsten für ihre Wirkungskreise dienstbar zu machen vermögen.

Die theoretische Maschinenlehre hat sich die Aufgabe gestellt, die Bedingungen aufzusuchen, unter welchen ein zur Verfügung stehendes Arbeitsvermögen am zweckmässigsten und vorteilhaftesten d. h. mit dem geringsten Verlust durch die Maschine zur Verwendung gelangt.

Zur abschliessenden Lösung ihrer Aufgabe hätte sie alles in ihr Bereich zu ziehen, was die Verzehrung von Arbeitsvermögen beeinflusst; alle auftretenden Kräfte in ihren Grössen und mit ihren Wirkungen durch die Maschine zu verfolgen und zu bestimmen. In der Regel beschränkt sie jedoch diese Untersuchungen, indem sie dieselben nur auf jene Teile ausdehnt, welche unmittelbar der Aufnahme und Regelung des Arbeitsvermögens dienen, und greift nur in den Fällen auf andere Teile über, wenn diese in der Verzehrung von Arbeitsvermögen besondere Formen darbieten. In das Gebiet der theoretischen Maschinenlehre fallen daher zunächst und in erster Linie die Kraftmaschinen oder Motoren mit ihren Regulatoren, ausserdem aber diejenigen Gattungen von Arbeitsmaschinen, bei welchen sich gewisse Kreisprozesse abspielen (Kältemaschinen u. dergl.).

Die Konstruktionslehre oder Maschinenbaukunde beschäftigt sich eingehend mit der Ergründung der Form und der Abmessungen der einzelnen Maschinenteile in bezug auf die von ihnen aufzunehmenden Krafteinwirkungen und auszuführenden Bewegungen. Sie hat daher über die Wahl des Konstruktionsmaterials besonders mit Rücksicht auf die Eigenschaft, welche die Widerstandsfähigkeit gegen die einwirkenden Kräfte bedingt, also mit Rücksicht auf Festigkeit und Abnutzung, sowie auf die Leichtigkeit der Formengebung zu entscheiden. Ausserdem fällt ihr die Aufgabe zu, die Wege anzugeben, auf welchen in jedem einzelnen Falle die Verbindung dieser Teile am zweckmässigsten, insbesondere mit der geringsten Anzahl derselben unter Hervorrufung möglichst kleiner Widerstände zu einem geschlossenen Ganzen zu erfolgen hat.

Die Kinematik oder Maschinengetriebelehre handelt von derjenigen besonderen Einrichtung der Maschine, vermöge deren die gegenseitigen Bewegungen in derselben, soweit sie Ortsveränderungen sind, zu bestimmten (zwangläufigen) werden. Sie erforscht demnach unter Annahme vorhandener oder Herbeiziehung notwendiger Kräfte die Gesetze der Bewegungen zur Erfüllung bestimmter Bedingungen und lehrt die Regeln, nach welchen Maschinenteile mit einander in Verbindung zu bringen sind, um als Mechanismus ausschliesslich nur die dem Zwecke dienlichen Bewegungen

zuzulassen, dagegen alle Bewegungen auszuschliessen und fern zu halten, welche überflüssig sind. Sie erörtert zugleich die Mittel, welche solche Bewegungen bezüglich ihrer Grösse und Richtung sowie in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit sichern, indem sie die sich bewegenden Teile zwingen, sich in Bahnen zu bewegen, welche bestimmten geometrischen Gesetzen entsprechend verlaufen.

Die Technologie umfasst die Lehre von den Mitteln und den Verfahrungsarten zur Umwandlung von Naturprodukten in Gebrauchsgegenstände, entweder auf Grundlage der Gesetze der Chemie oder Mechanik (chemische und mechanische Technologie). Sie muss dabei ausgehen von den Eigenschaften der Stoffe, deren Umwandlung bezweckt, und den Eigenschaften der Gebrauchsgegenstände, deren Erzeugung beabsichtigt ist, und danach die Beschaffenheit der Hilfsmittel ableiten und bestimmen. Soweit diese in der Anwendung mechanischer Arbeit bestehen und somit in unzähligen Fällen Zweck von Maschinen werden, hat die Technologie nach dieser Richtung hin die Maschinen in den Kreis ihrer Untersuchung zu ziehen und in diesem Sinne sich den Maschinenwissenschaften an die Seite zu stellen, zumal eine grosse Zahl der hier in betracht kommenden Maschinenteile selbst Erzeugnisse dieser Fabrikationsmaschinen sind und somit unmittelbar zum Erörterungsgebiete der Technologie gehören.

Die Technologie verlangt unter vollkommener Klarstellung des Bedürfnisses also des Zweckes von der Maschine die Erfüllung bestimmter Aufgaben in bezug auf Kraft und Bewegung, soweit es sich um Fabrikationszwecke handelt, wobei es gleichgültig, ob diese Maschine unmittelbar (z. B. durch Formänderung (Dampfhammer, Walzen, Scheren etc.) oder mittelbar (z. B. durch Luftbewegung, Wassertransport, Kälteerzeugung: Gebläse, Injektoren, Pumpen, Eismaschinen) Fabrikationszwecken dienen, ob sie der mechanischen oder chemischen Technologie angehören. Ersichtlich ist, dass die umfangreichste Aufgabe, welche dem Maschinenbau gestellt wird, von dem Bedürfnisse der industriellen Technik ausgeht und dem Gebiete der Technologie angehört.

In ähnlicher Weise wie die industrielle Technik treten übrigens die anderen maschinenbedürftigen Zweige der Erwerbsthätigkeit (die Bautechnik, die Landwirtschaft, das Verkehrswesen u. s. w.) an das Maschinenwesen heran, indem auch sie die von den Maschinen zu verrichtende Arbeit bestimmt formulieren. Selbst die Wissenschaften, namentlich die Naturwissenschaften, und die Kunst verlangen Arbeitsleistungen, welche in nützlichster Weise von Maschinen (Buch- und Kunstdruckmaschinen) vollzogen werden, so dass auch hier ein gewisses Herannahen an die Maschinenwissenschaft, wenn auch von besonderer Seite, notwendig wird.

Die allgemeine Maschinenlehre oder Maschinenkunde nimmt in der wissenschaftlichen Behandlung der Maschinen eine besondere Stellung ein. — Während die oben genannten vier Lehrzweige der Hauptsache nach — ohne feste Umgrenzung vielmehr mit gegenseitiger Ergänzung und Aneinanderschliessung — nur gewisse Vorgänge oder Partien der Maschinen zu untersuchen und zu erörtern pflegen, sich gewissermassen in die Betrachtung teilen, verfolgt die allgemeine Maschinenlehre den Gedanken; überhaupt das Wesen der Maschinen in seinem ganzen Umfange zu lehren, indem sie alle Eigenschaften berücksichtigt und im Zusammenhange darstellt. — Zu diesem Zwecke stehen ihr mehrere Wege zu Gebote.

Einmal lässt sie das geschichtliche Element in den Vordergrund treten. Demgemäss verfolgt sie die Entwickelung der Maschinen in chronologischer Folge, mit gleichzeitigem Hinweis auf die Erscheinungen, welche hemmend oder fördernd die Entwickelung beeinflussten. Sie hebt hervor, in welcher Wechselwirkung die Maschine zu den, ihre Grundlage bildenden Naturwissenschaften und deren Fortschritten, zu den Forderungen der Industrie und Gewerbe, zu der Bedürfnisfrage überhaupt, zu der Handelspolitik, zu der Volkswohlfahrt etc. gestanden hat und steht und markirt hervorragende Zeitabschnitte und Persönlichkeiten mit deren Einwirkungen.

Nach dieser Methode bearbeitet liefert die allgemeine Maschinenlehre nicht nur ein wertvolles Material für die Geschichte der Erfindungen, sondern erweckt im hohen Grade das Interesse für eine Schöpfung des menschlichen Scharfsinnes, welche, wie keine andere, das Leben der Völker umgestaltet hat, indem sie in ungeahnter Weise nach und nach die Kräfte der Natur in den Dienst der Menschen stellte, vollständig neue Arbeitsmethoden nach sich zog und zahlreiche Naturprodukte erst zu verwerten gestattete. Sie regt mächtig den Erfindungsgeist an, indem sie Bilder der Vergangenheit und Gegenwart neben einander stellt, sowie solche der Zukunft hervorruft, und wird am häufigsten zur Darstellung benutzt.

In einer anderen Richtung beabsichtigt man nur eine Zusammenstellung und Beschreibung innerhalb einer, durch einen bestimmten Kreis begrenzten Gruppe, z. B. der Gruppe der Dampfmaschinen, um hier in möglichster Vollständigkeit die Maschinen dieser Gruppe vor Augen zu führen, indem man sowohl die Mannigfaltigkeit der Arten, die verschiedensten Ausführungen im Ganzen und im Einzelnen, die Anpassung an die Verwendungszwecke unter den verschiedensten Umständen, oft in Verbindung mit der Entwickelungsgeschichte, zur Darstellung bringt.

Ein dritter Weg ergiebt sich, wenn man sich darauf beschränkt, diejenigen Maschinen zusammenzufassen und zu beschreiben, welche einem einzigen Industriezweige oder einer Industriegruppe z. B. dem Baugewerbe, der Druckindustrie, der Landwirtschaft u. dgl. dienen. Hierbei kann als Darstellungsmethode die historisch beschreibende oder die mit einer strengen Prüfung der Brauchbarkeit begleitete vergleichende gewählt werden.

Einer vierten Richtung folgend ordnet die allgemeine Maschinenlehre die vorhandenen Maschinen nach Gruppen, Klassen und Arten, beschreibt dieselben innerhalb dieser mit Hervorhebung derjenigen Eigentümlichkeiten, welche der entsprechenden Gruppe etc. gemäss in augenfälliger Weise vorhanden sein müssen; zugleich mit besonderer Berücksichtigung der typisch gewordenen Anordnung; oft im Anschluss an eine historische Entwickelung, oft lediglich ausgehend von den Arbeitszwecken der Maschinen.

Die letzte Methode der Darstellung zeichnet sich vorteilhaft dadurch aus, dass sie es vermag, eine klare Uebersicht über die erdrückend grosse Menge von Maschinen zu verschaffen. Sie bietet durch die Vorführung typischer Formen eine angemessene Grundlage für das Studium und das Verständnis der Maschine, bildet die Urteilsfähigkeit aus und regt in hervorragender Weise zum Ausbau des Maschinenwesens an.

Das vorliegende Werk behandelt die allgemeine Maschinenlehre zu dem Zwecke, den Vertretern der industriellen Technik ein übersichtliches Bild jener Maschinen zu schaffen, deren Kenntnis denselben notwendig erscheint.

Demgemäss wurde die zuletzt genannte Art der Darstellung gewählt und eine Anordnung des Stoffes getroffen, welche die Beschreibung der in betracht kommenden Maschinen nach Gruppen und Klassen bedingt, die ihrerseits wesentlich auf Grund der Arbeitszwecke gebildet sind.

Im Einklange mit dieser Aufgabe ist vor Allem eine Klassifizirung der Maschinen und eine Abgrenzung des Stoffes erforderlich, da es nicht geboten erscheint, die Betrachtung auf das ganze Gebiet der Fabrikationsmaschinen auszudehnen.

Zur Klassifizirung ist ins Auge zu fassen, dass zu jedem mechanischen Arbeitsprozess eine bewegende Kraft (Betriebskraft) gehört, welche gewissen Körpern eigen ist, die man als Motoren bezeichnet (bewegtes Wasser, gespannter Wasserdampf etc.) und dass diese Kraft für technische Zwecke stets nur mittelbar d. h. mit Hilfe einer Maschine zur Wirkung gebracht werden kann. Daraus ergiebt sich, dass jede Maschine eines Bestandteiles zur Aufnahme der Kraft d. h. einer Verbindung mit dem Motor bedarf, die mittelbar oder unmittelbar sein kann. Dieser Bestandteil selbst bedingt zur Aufnahme der motorischen Kraft gewisse Formen und besondere Anordnungen, denen in ihrer Gesammtheit der Charakter einer Maschine nicht abgesprochen werden kann, und die deshalb auch Kraftmaschinen, Betriebsmaschinen oder kurzweg Motoren genannt werden (Wasserkraftmaschinen, Dampfmaschinen etc.).

Ein mechanischer Arbeitsprozess kann nur eine Orts- oder Formänderung der in Arbeit befindlichen Körper bewirken. Dient zur Durchführung dieses Arbeitsprozesses, also zur Hervorbringung solcher Wirkungen, die Maschine, so charakterisirt sich diese als Arbeits- oder Werkmaschine. — Streng genommen ist jede Formänderung auch mit einer Ortsänderung verbunden; doch ist letztere nebensächlich, wenn erstere bezweckt wird und oft auch umgekehrt. Dementsprechend folgt daraus die Gruppirung der Werkmaschinen nach Maschinen zur Ortsänderung und zur Formänderung.

Betriebsmaschinen und Arbeitsmaschinen sind je nach dem Arbeitszweck, besonderer Anlage, Bauart etc. auf sehr verschiedene Weise mit einander in Verbindung zu bringen, indem z. B. sehr oft von einer Betriebsmaschine aus eine grössere Anzahl Werkmaschinen mit den verschiedenartigsten Aufgaben in Thätigkeit gesetzt werden, während wieder in anderen Fällen beide Maschinen scheinbar fast unvermittelt vereinigt sind. Diejenigen Teile, welche den Zusammenhang zwischen Kraft- und Werkmaschine vermitteln, heissen Verbindungsmaschinen, Triebwerk oder Transmission.

Für den Betrieb mit Maschinen ist es von der grössten Wichtigkeit, im stande zu sein, zu jeder Zeit alle Ereignisse, Vorgänge und Zustände ganzer Maschinen und einzelner Teile derselben übersehen, bestimmen und überwachen zu können, teils zum Zwecke der Regelung von Kraft und Geschwindigkeit, teils um durch Beobachtungen und Untersuchungen die Grundlage für die Bestimmung von Leistungsfähigkeit und für andere ins Gewicht fallende Punkte, also für die Förderung der wissenschaftlichen Erörterungen zu gewinnen oder auszubauen. Dieser besonderen Aufgabe dient im Verein mit verschiedenen Instrumenten ebenfalls eine heutigen Tages hoch entwickelte Klasse von Hilfsmaschinen, welche man mit dem Gesamtnamen Zustandsmaschinen bezeichnen kann. — Es entspricht dem Plane

dieses Buches, wenn auch diese Maschinenklasse in den Rahmen desselben hineingezogen wird.

Die Aufgaben der Maschinen hängen in der Regel mit einer Anzahl von Einrichtungen zusammen, welche nicht unter den Begriff Maschinen fallen, jedoch oft so eng damit verbunden sind, dass es nicht unzweckmässig erscheint, auch diesen hier Aufmerksamkeit zu schenken und sie anzureihen. Dazu gehören Feuerungsanlagen für gewerbliche Zwecke, Abdampfvorrichtungen, Flüssigkeitshaltungen u. dergl.

Von nicht geringer Bedeutung ist für das Studium des Gegenstandes, welches das vorliegende Buch umfasst, eine genügende Kenntnis der zum Aufbau der Maschinen gebräuchlichen und notwendigen Teile. Aus dem Grunde geht der eigentlichen Maschinenkunde ein Kapitel über die Maschinenelemente in einer Ausdehnung voraus, welche dem Bedürfnisse des in Rede stehenden Studiums angepasst wurde.

Mit der Gruppirung der Maschinen einerseits und dem noch zugefügten Stoffe andererseits ergiebt sich zugleich die Hauptgliederung des Buches in folgender Weise:

Erster Teil. Die Maschinenelemente, die Flüssigkeitshaltungen und Leitungen, sowie Transmissionen.

Zweiter Teil. Die Kraftmaschinen oder Motoren.

Dritter Teil. Die Werkmaschinen.

Vierter Teil. Die Zustandsmaschinen.

Anmerkung.

Für die verschiedenen Maassgrössen sind folgende Bezeichnungen gewählt:

Millimeter = *mm*	Quadratmillimeter = *qmm*	Cubikmillimeter = *cmm*
Centimeter = *cm*	Quadratcentimeter = *qcm*	Cubikcentimeter = *ccm*
Decimeter = *dm*	Quadratdecimeter = *qdm*	Cubikdecimeter = *l* (Liter)
Meter = *m*	Quadratmeter = *qm*	Hektoliter = *hl*
Kilometer = *km*	Quadratkilometer = *qkm*	Cubikmeter = *cbm*

Centigramm = *cg*	Pferdestärke = 75 *mk* = *PS*
Decigramm = *dg*	Wärmeeinheit = Calorie = *cal*
Gramm = *g*	Zeitsekunde = *sek*
Kilogramm = *kg*	Zeitminute = *min*
Tonne = 1000 *kg* = *t*	Stunde = *st.*

Erster Teil.

Maschinenelemente und ihre Verbindungen.

Zum Aufbau selbst der verwickeltsten Maschinen genügt erfahrungsgemäss eine verhältnismässig kleine Anzahl baulicher Elemente (Maschinenelemente, Maschinenteile), welche sich im Laufe der Zeit derart ausgebildet haben, dass ihre Grundformen als feststehend angesehen werden können, obwohl sie, den einzelnen Maschinen entsprechend, in Grösse und Einzelgestaltung grosse Abweichungen darbieten.

Ihrer Bestimmung angepasst, erhalten diese Elemente unter einander eine Verbindung, welche die vorgeschriebene Beweglichkeit nach Grösse und Richtung sichert und entweder durch gewisse Formung der Elemente selbst oder durch besondere Teile vermittelt werden kann, welche dadurch selbst zu Konstruktionselementen ausgebildet sind, so dass man Verbindungselemente und Bewegungselemente trennen kann.

Zu den baulichen Elementen sind zweifellos desgleichen solche für sich ausgebildete Organe zu rechnen, welche die Bestimmung haben, Flüssigkeiten aufzunehmen oder zu leiten, ohne dabei selbst in Bewegung zu sein (Gefässe, Röhren etc.), oder mit Beweglichkeit begabt, vorübergehend solche Leitungen in und ausser Thätigkeit zu setzen (Ventile etc.), weshalb sich diese als Haltungselemente den vorigen anschliessen.

Da endlich auch diejenigen Mittel hieher gehören, welche einen festen sicheren Umschluss und Stand bezwecken (Gestelle, Fundament etc.), so ergiebt sich die Einteilung, nach welcher die folgenden Abschnitte entstanden sind.

Erster Abschnitt.

Verbindungselemente.

Mit den Verbindungselementen bezweckt man zwar die Herstellung einer gegenseitig gesicherten Lage zweier oder mehrerer Teile gegen einander, allein in sofern in verschiedener Weise, als entweder die Absicht nicht besteht, diese Teile wieder vorübergehend zu trennen, oder als zum Zwecke der Erneuerung sich abnutzender Teile, der Reinigung, der leichten Auseinandernahme der Maschine (zum Versenden etc.), der Auswechselung gewisser Organe (der Wechselräder etc.), der Nachstellung (der Führungsprismen, der Lagerschalen etc.), des genauen Zusammenpassens u. s. w. eine wiederholte Trennung vorzusehen ist. — Danach sind die *unlösbaren* oder *festen* Verbindungen von den *lösbaren* Verbindungen allerdings mit dem Vorbehalt zu unterscheiden, dass eine scharfe Trennung zwischen den genannten Klassen nicht möglich ist..

Man erzeugt durchgehends die unlösbaren Verbindungen mittels *Niete* und *Zwingen*, die lösbaren mittels *Keile* und *Schrauben*.

I. Unlösbare Verbindungen.

A. Niete und Nietverbindungen.

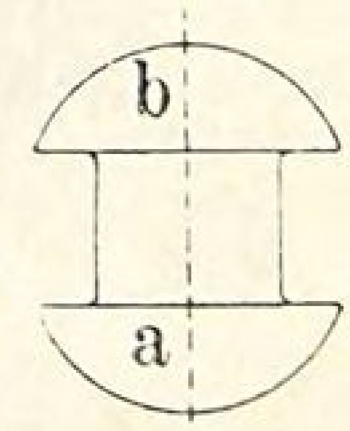


Fig. 1.

Niete sind cylindrische, selten prismatische, mitunter in der Längenrichtung hohle, aus dehnbarem Metall (Schmiedeisen, Stahl, Kupfer, Messing etc.) angefertigte Körper (Fig. 1), welche nach dem Durchbringen durch die zu verbindenden Teile vermöge der verbreiterten Enden a, b nicht nur am Herausfallen verhindert werden, sondern auch die verbundenen Teile zusammenpressen. — Nur wenn Niete Gelenkverbindungen herstellen sollen (Scharniere, Gelenkketten, Kettenbrücken u. dergl.), fordern dieselben einen die Bewegung gestattenden Spielraum.

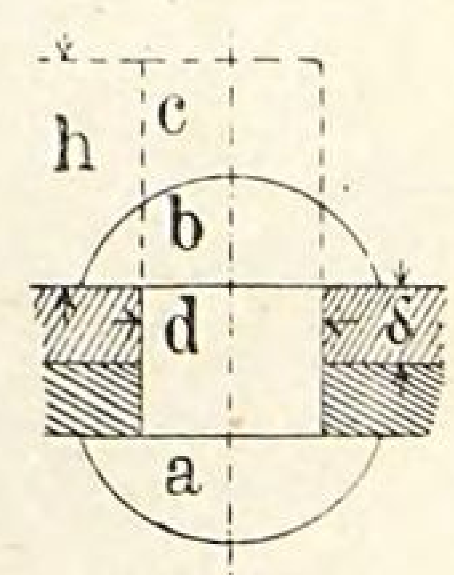


Fig. 2.

$d\,cm = 0{,}3 + 1{,}6\,\delta$
$h\,cm = 1{,}25\,d$

Gewöhnlich wird das Niet (Fig. 2) vor dem Gebrauche an dem einen Ende a mit einer Stauchung (*Kopf*) versehen (*Setzkopf*), während der zweite zum Schliessen der Nietung dienende Kopf b (*Schliesskopf*) erst aus dem cylindrischen Teil c (*Schaft*) gebildet werden kann, wenn das Niet bereits im Arbeitsstücke sitzt. — Die Gestalt der Köpfe ist fast ausschliesslich kugelig, mitunter kegelig und in den Fällen, wo die Oberfläche der Teile keine Vor-

sprünge gestattet, versenkt (Fig. 3). — Zum Anstauchen dient ein mit der entsprechenden Vertiefung ausgestatteter Stempel (Kopfstempel), der mit Hämmern angetrieben wird, während ein ähnlicher Stempel (Vorhalter) den anderen Kopf unterstützt. Bei den neuerdings vielfach benutzten Vernietmaschinen sind beide Stempel in der Weise einander gegenüber an einem Gestelle vereinigt, dass der Vorhalter feststeht und der Kopfstempel, gewöhnlich durch Wasserdruck, angetrieben wird. — Eiserne Niete verarbeitet man kalt, wenn sie klein, rothglühend, wenn sie gross sind.

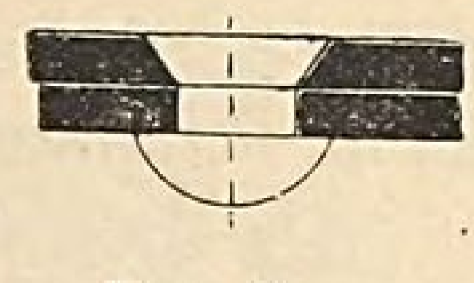


Fig. 3.

Unter Nietverbindungen (Nietungen, Vernietungen) versteht man im engeren Sinne die Vereinigung plattenförmiger Arbeitsstücke, insbesondere der Bleche, mittels Niete, im weiteren Sinne auch solche Zusammenfügungen, bei welchen zur Verbindung ein nietförmiger Ansatz eines Teiles durch ein Loch des zweiten Teiles gesteckt und gestaucht wird. — Die Nietlöcher erzeugt man vielfach mit Lochmaschinen, wegen der beim Lochen entstehenden bis 20% reichenden Verminderung der Materialfestigkeit jedoch zweckmässiger durch Bohren. An den Ausgängen erhalten die Nietlöcher zur Vermeidung scharfer, in die Niete einschneidender Ränder kleine Versenkungen.

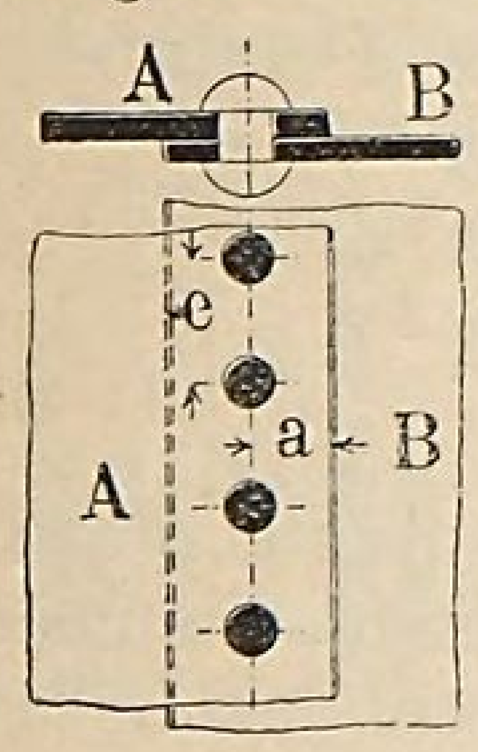


Fig. 4.

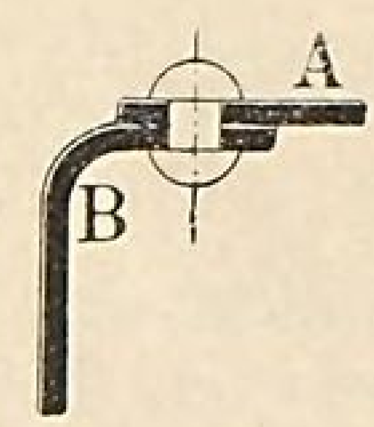


Fig. 5.

Zum Vernieten der Bleche werden diese A, B (Fig. 4 und 5) entweder mit ihren Rändern übereinandergelegt, oder stumpf zusammengestossen und dann entweder (Fig. 6) an einer Seite C oder an beiden Seiten

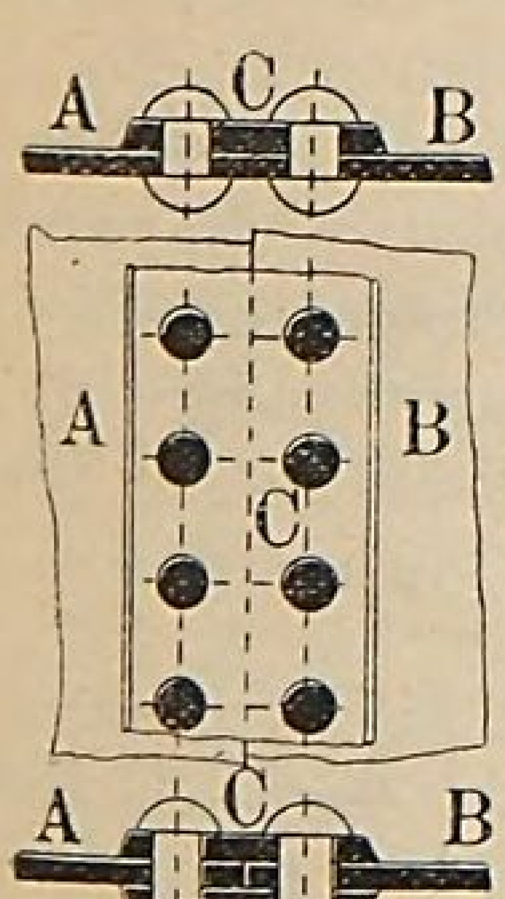


Fig. 6.

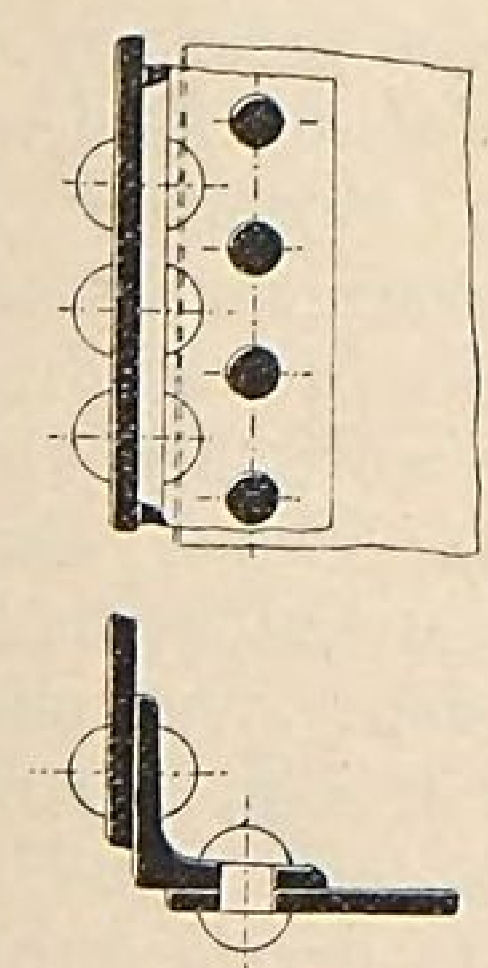


Fig. 7.

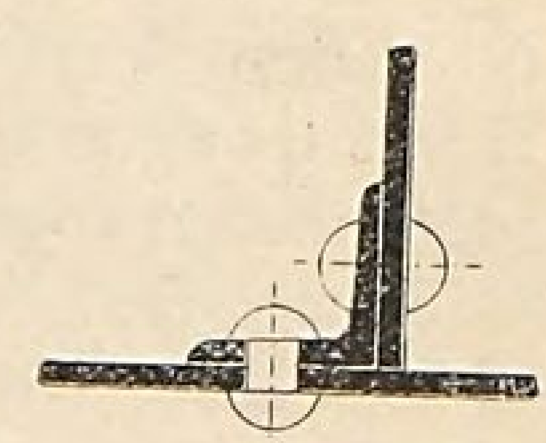


Fig. 8.

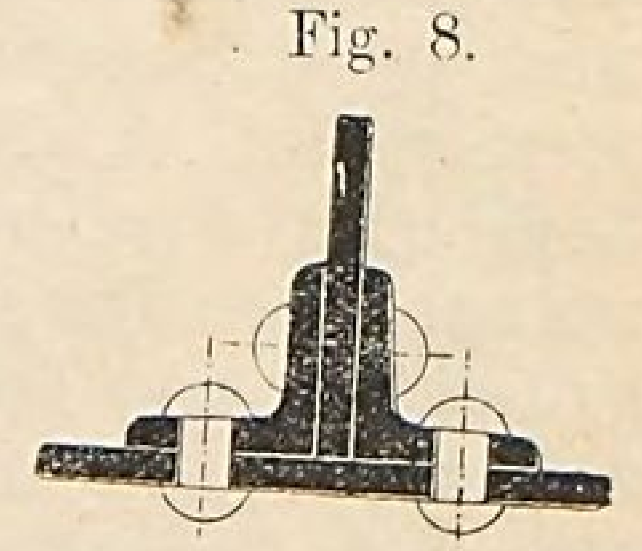


Fig. 9.

C und D mit einer Schiene (Lasche) bedeckt, (einseitige und zweiseitige Laschenvernietung). — Zu den Laschenvernietungen gehören auch jene, namentlich bei der Anfertigung von Blechgefässen, Blechträgern

u. dergl. oft zur Anwendung kommenden Verbindungen mittels Winkeleisen, deren Hauptformen aus Fig. 7, 8, 9 zu erkennen sind.

Da die Nietungen entweder Kräfte zu übertragen haben, z. B. bei Laschenketten, oder dichte Anschlüsse hervorbringen sollen, z. B. bei Wasser- und Gasbehältern, so unterscheidet man Kraft- und Verschlussnietungen. In manchen Fällen, z. B. an Dampfapparaten, Druckröhren, ist beiden Anforderungen zu genügen. — Die Niete liegen entweder in einer Reihe oder in zwei, selten mehr Reihen (einfache und doppelte Vernietung); eine doppelte Vernietung (Fig. 10) wird nur gewählt, wenn die einfache nicht genügend Festigkeit bietet, da man bei einer Doppelreihe die Nietenzahl erhöhen kann, ohne das Blech zu schwächen, weil die Niete in der Stellung wechseln.

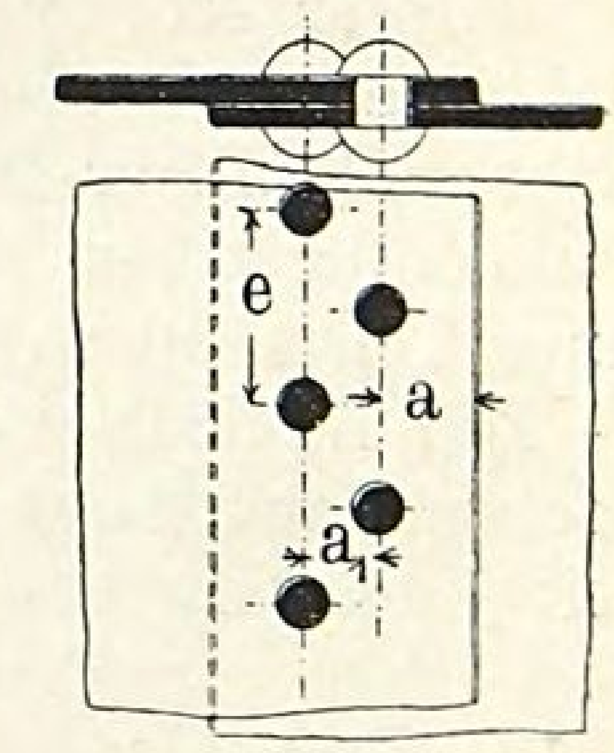


Fig. 10.

Die bei Reihennietungen gebräuchlichen Abstände e, a und a_1 (Fig. 4 und 10), werden nach folgenden Formeln bestimmt, in welchen d den Nietdurchmesser und δ die Blechdicke bedeutet:

für eine Reihe (Fig. 4)

$$e = d + \frac{\pi}{4}\frac{d^2}{\delta}$$

$$a = \frac{1}{8}(5e - d)$$

für zwei Reihen (Fig. 10).

$$e = \frac{d}{2} + \frac{5}{32}\frac{d^2}{\delta}$$

$$a = d + \frac{\pi}{2}\frac{d^2}{\delta}$$

$$a_1 = 2d$$

Eine besondere Art von Nieten bilden die Stehbolzen: lange Niete mit übergeschobenen Hülsen um zwei Wände in bestimmtem Abstande von einander zu verbinden, wie bei den Feuerbüchsen der Lokomotivkessel der Fall ist.

B. Zwingen und Zwängverbindungen.

Diese Verbindungen entstehen, wenn ring- oder klammerförmige Teile (Zwingen) gewaltsam auf passend geformte andere Teile geschoben und dadurch derart angespannt werden, dass die an den Berührungsflächen entstehende Reibung die Verschiebung der einzelnen Teile ausschliesst. Entweder schiebt man ein Hohlstück in warmem Zustande auf, so dass die Abkühlung desselben infolge des Schwindens den Andruck bewirkt (Warmaufziehen) oder presst dasselbe mittels hydraulischen Druckes bei gewöhnlicher Temperatur auf (Kaltaufziehen). Nach erster Methode (Schwundverbindung) werden häufig zwei Maschinenteile A, B (Fig. 11) mittels eines Ringes C verbunden, den man über zwei halbcylindrische Teile von A und B schiebt, sowie Radreifen aufgezogen; die zweite Methode hat sich besonders bei kleineren Gegenständen nützlich erwiesen und dient oft zum Befestigen von Naben auf Achsen, von Kurbelzapfen in den Hülsen u. dergl. — Klammerartige (⊏ förmige) Zwingen haben zur Verbindung von Flanschröhren durch Aufschieben auf die Flanschen Eingang gefunden.

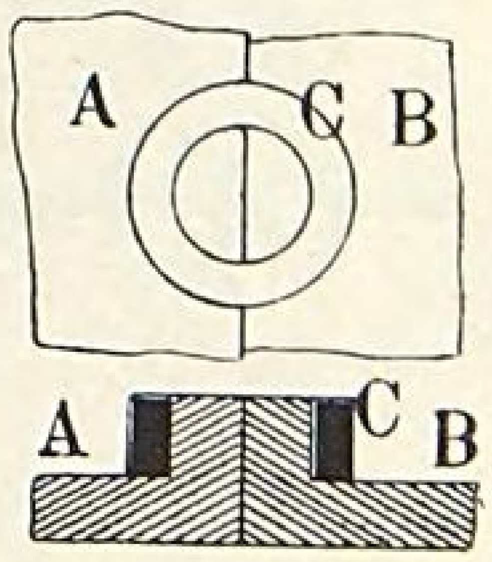


Fig. 11.

II. Lösbare Verbindungen.

A. Keile und Keilverbindungen.

Keile heissen schlank verjüngte pyramidenförmige Körper (Fig. 12), gewöhnlich von rechteckigem Querschnitt, aus Eisen oder Stahl, mitunter auch aus Holz, die, in passende Löcher oder Einschnitte der zu verbindenden Teile eingetrieben, diese infolge der hervorgerufenen Reibung fest zusammenfügen, sich jedoch auch leicht entfernen lassen und die Teile damit wieder freigeben (Lösen). — Die entweder ein- oder zweiseitig (selten vierseitig) auftretende Verjüngung des Keiles findet ihren Ausdruck in dem Winkel α beziehungsweise β, dessen trigonometrische Tangente oder Anzug stets etwas kleiner zu nehmen ist, als der Koeffizient für die Reibung zwischen den Flächen des Keiles und der anderen Teile, damit der Keil sich nicht unfreiwillig löst; der Anzug kann ein- und zweiseitig sein.



Fig. 12.

Man unterscheidet Quer- und Längskeile, je nachdem dieselben quer oder parallel zu ihrer Längenachse auf Abscherung, oder Stellkeile, die auf Druck in Anspruch genommen werden. Die Keilverbindungen sind äusserst mannigfaltig; doch lassen sie sich in der Regel auf die in den Fig. 13, 14, 15 dargestellten zurückführen. Fig. 13 zeigt die Verbindung

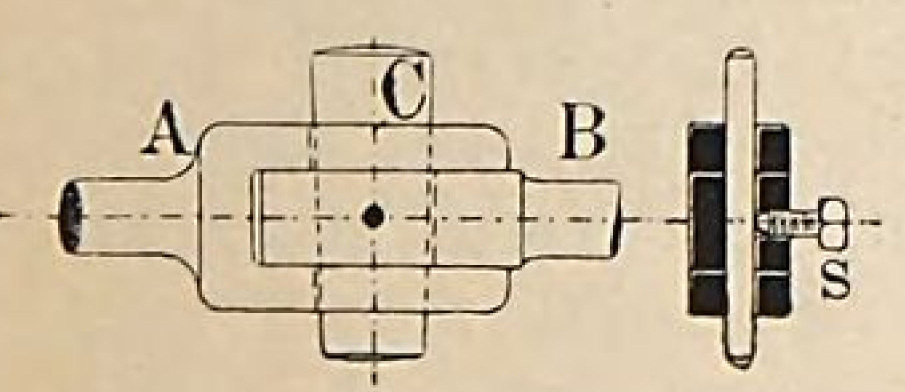


Fig. 13.

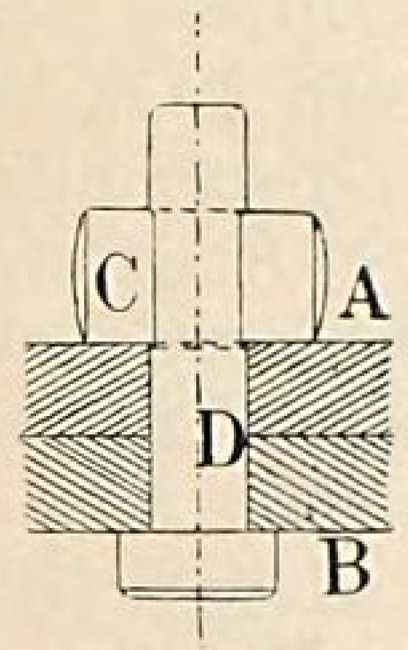


Fig. 14.



Fig. 15.

zweier Stangen A und B mittels eines Querkeils C, Fig. 14 lässt die Verbindung zweier Platten A und B mittels Keil C und Bolzen D, Fig. 15 die einer Nabe A auf der Welle B durch einen Längskeil erkennen. — Um die Keile leicht lösen zu können, erhalten sie einen starken Anzug ($^1/_{24}$ bis $^1/_{12}$), um sie jedoch gegen Herausfallen infolge von Erschütterungen zu sichern, bringt man an denselben oft sog. Keilsicherungen an, die gewöhnlich in Druck- oder Zugschrauben s (Fig. 13 u. 16) bestehen. —

Zur Verstärkung der Keile durch Vergrösserung der Abscherungsquerschnitte und der Druckflächen wendet man oft sog. Zulagen oder Unterlagskeile an, die, wie bei u (Fig. 16) zu erkennen ist, mit Vorsprüngen i, i den Teil A umfassen und zugleich zweckmässig zur Anbringung der Sicherungsschraube s zu benutzen sind. — Zu den Keilverbindungen gehört auch noch das Schloss, (Fig. 17), bei welchem die zahnartig ineinandergreifenden Teile A und B durch einen darüber geschobenen Hohlkeil C geschlossen werden.

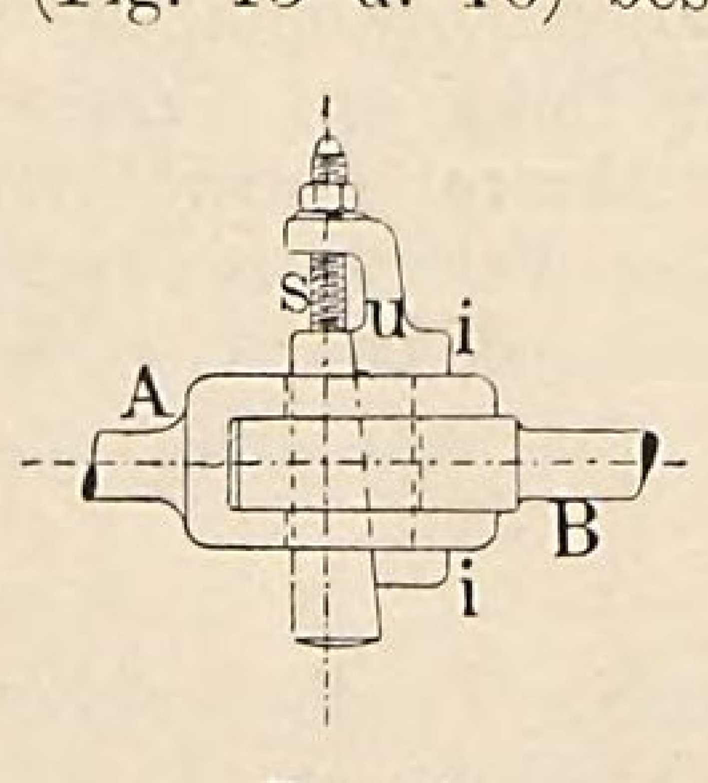


Fig. 16.

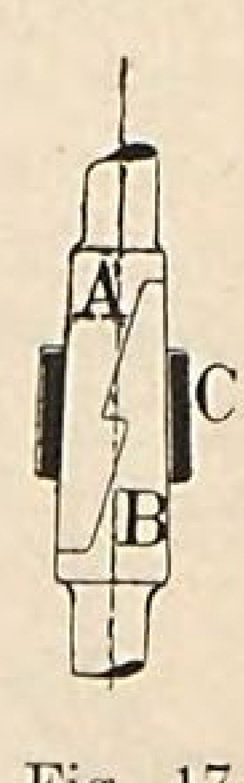


Fig. 17.

Vielfach erhalten die Keile hakenartige Ansätze a (Fig. 12) zum Zwecke des Lösens (Hakenkeile); da solche Vorsprünge an drehenden Teilen

leicht durch Erfassen der Kleider den Arbeitern gefährlich werden, so sind sie zu vermeiden oder durch übergeschobene Hülsen (Schutzhülsen) und ähnliche Vorkehrungen unschädlich zu machen.

B. Schrauben und Schraubenverbindungen.

Bewegt sich auf der Oberfläche eines Kreiscylinders unter einem gleichbleibenden Winkel $\alpha <$ als 90^0 also in an- oder absteigender Richtung ein Punkt, so heisst die Bahn dieses Punktes eine Schraubenlinie und dasjenige Stück der Bahn, welches einmal um den Cylinder herumgeht, ein Schraubengang (Gang, Gewindgang). Der Ablenkungswinkel wird Steigungswinkel, der auf der Cylinderfläche parallel zur Cylinderachse gemessene Abstand zweier Gänge die Steigung und das Verhältnis zwischen der Steigung und dem Cylinderumfang das Steigungsverhältnis genannt. Legt man nun (Fig. 18) um einen Massivcylinder A und in den Hohlcylinder des Stückes M längs einer Schraubenlinie einen prismatischen Stab, so entsteht das eigentliche Schraubengewinde (Gewinde) und dasjenige Element, welches Schraube genannt wird und stets aus zwei Teilen (Elementenpaar) bestehen muss,: aus einem massiven Cylinder d (Schraube, Spindel), und einem Hohlcylinder M (Mutter, Schraubenmutter), die so beschaffen sind, dass das Gewinde des einen Teiles zwischen die Gewindegänge des andern Teiles eintreten kann (erhöhter und vertiefter Gang). Der Grundkörper der Spindel auf dem das Gewinde liegt, führt den Namen Kern; die Spindel d heisst auch Bolzen; die auf dem Kern gemessene Dicke eines erhöhten Ganges ist (Fig. 19) die Gangbreite b, welche mit der Weite w des vertieften Ganges die Ganghöhe s ausmacht. Die Gangdicke in radialer Richtung gemessen bildet die Tiefe t des Gewindes. Je nachdem der Querschnitt des Gewindes (Fig. 19) I dreieckig, II viereckig oder III halbkreisförmig abgerundet ist, unterscheidet man scharfgängige, flachgängige und rundgängige Schrauben; bei rechtsgängigen (rechten, gewöhnlichen) Schrauben steigt das Gewinde von links nach rechts, bei linksgängigen (linken, nur in gewissen Fällen notwendigen) Schrauben steigt dagegen das Gewinde von rechts nach links auf. Zwei und mehrfache Schrauben entstehen, wenn zwei oder mehrere Gewinde nebeneinander her laufen.

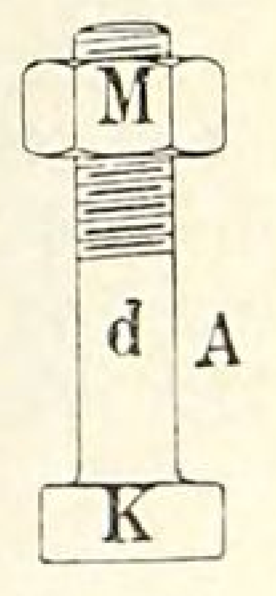


Fig. 18.

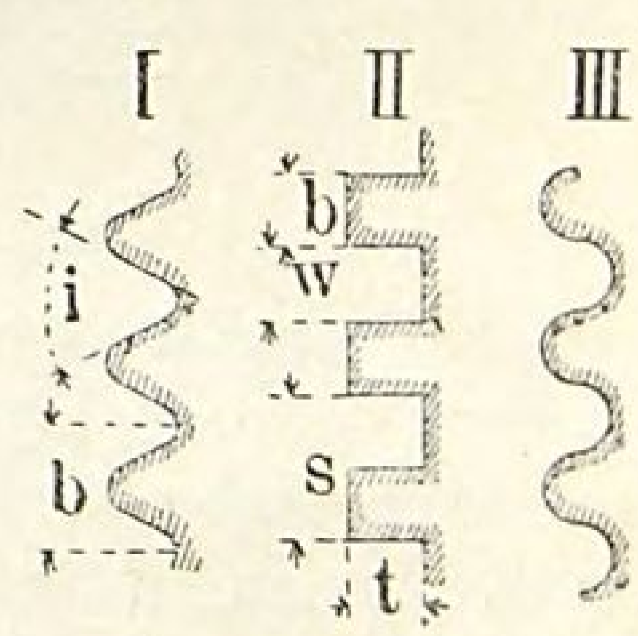


Fig. 19.

Mit dem Verhältnis zwischen der Ganghöhe der Schraube zu einer Längeneinheit (*cm* oder engl. Zoll) bezeichnet man die Feinheit der Schraube, welche bei gleichem Steigungswinkel α proportional dem Schraubendurchmesser ist, indem

$$s = tg\,\alpha\, d\,\pi.$$

Die Regeln, nach welchen die Abmessungen, Verhältnisse, Gangprofile etc. bestimmt werden, umfassen das Schraubensystem. Unter den zahlreichen Systemen ist das in folgender Tabelle zusammengestellte das gebräuchlichste, da von den Vorschlägen zur Einführung eines allgemeinen Systems mit dem Metermaass als Grundlage bis jetzt noch keiner angenommen ist.

Whitworth'sche Schrauben-Skala für Befestigungsschrauben mit scharfem Gewinde.

Durchmesser			Kern-drchm.	Anzahl der Gewinde		Durchmesser			Kern-drchm.	Anzahl der Gewinde	
Zoll engl.	Zoll rheinl.	Milli-meter	Zoll engl.	auf eine Länge gleich d. Drchm.	auf 1 Zoll engl.	Zoll engl.	Zoll rheinl.	Milli-meter	Zoll engl.	auf eine Länge gleich d. Drchm.	auf 1 Zoll engl.
1/4	0,243	6,4	0,186	5	20	2 1/4	2,185	57,1	1,930	9	4
5/16	0,303	7,9	0,241	5 5/8	18	2 1/2	2,428	63,5	2.180	10	4
3/8	0,364	9,5	0,295	6	16	2 3/4	2,671	69,8	2,384	9 5/8	3 1/2
7/16	0,425	11,1	0,346	6 1/8	14	3	2,913	76,2	2,634	10 1/2	3 1/2
1/2	0,486	12,7	0,393	6	12	3 1/4	3,156	82,5	2,857	10 9/16	3 1/4
5/8	0,607	15,9	0,509	6 7/8	11	3 1/2	3,399	88,9	3,107	11 3/8	3 1/4
3/4	0,728	19,0	0,622	7 1/2	10	3 3/4	3,642	95,2	3,323	11 1/4	3
7/8	0,850	22,2	0,733	7 7/8	9	4	3,885	101,6	3,573	12	3
1	0,971	25,4	0,840	8	8	4 1/4	4,127	107,9	3,805	12 7/32	2 7/8
1 1/8	1,092	28,6	0,942	7 7/8	7	4 1/2	4,370	114,3	4,055	12 15/16	2 7/8
1 1/4	1,214	31,7	1,067	8 3/4	7	4 3/4	4,613	120,6	4,285	13 1/16	2 3/4
1 3/8	1,355	34,9	1,162	8 1/4	6	5	4,856	127,0	4,535	13 3/4	2 3/4
1 1/2	1,457	38,1	1,287	9	6	5 1/4	5,098	133,3	4,790	13 25/32	2 5/8
1 5/8	1,578	41,3	1,369	8 1/8	5	5 1/2	5,341	139,7	5,020	14 7/16	2 5/8
1 3/4	1,700	44,4	1,494	8 3/4	5	5 3/4	5,584	146,0	5,238	14 3/8	2 1/2
1 7/8	1,821	47,6	1,591	8 7/16	4 1/2	6	5,827	152,4	5,488	15	2 1/2
2	1,942	50,8	1,716	9	4 1/2						

Für Schrauben mit flachgängigem Gewinde nehme man die Anzahl der Gewinde halb so gross als für Schrauben mit scharfem Gewinde.

Das oben angegebene Verhältnis zwischen Gangbreite und Durchmesser ist für Schrauben von etwa 10 mm Durchmesser aufwärts verwendbar. Für dünnere Schrauben wird die Teilung etwas zu gross (die Gewinde werden zu grob), weshalb man hier ein anderes Verhältnis einführt. — Es sind dazu folgende Systeme in Vorschlag gebracht.

Schrauben-Skala für Schrauben zu mechanischen und optischen Instrumenten, nach Karmarsch			nach Ducommun	
Durchmesser der Schrauben Millimeter	Anzahl der Gänge auf 1 Centimeter für grobes Gewinde	Anzahl der Gänge auf 1 Centimeter für feines Gewinde	Durchmesser Millimeter	Steigung Millimeter
4	12	24	3	0,50
5	10	20	4	0,75
6	9	18	5	0,75
8	8	16	6	1,00
10	6	12	7	1,25
			8	1,25
			9	1,5
			10	1,5

Die Verwendung der Schraube beruht auf der Eigenschaft, dass dieselbe mit der Drehung nach dem Gesetze der schiefen Ebene eine Längsverschiebung ausführt, und zwar bei einer Umdrehung um das Maass der Steigung. — Um diese Drehung leicht und bequem mittels eines sog. Schraubenschlüssels bewerkstelligen zu können, erhält die Schraube einen vier- oder sechseckigen Kopf K (Fig. 18 S. 12), die Mutter M eine sechseckige prismatische Gestalt, mit abgerundeten Endflächen. — Kleine Schrauben werden durch einen Schraubenzieher gedreht, der in einen Schlitz des Kopfes eingesteckt wird. Solche Schrauben, die ihrer Bestimmung gemäss häufig zu drehen sind (Regulirschrauben, Stellschrauben etc.), versieht man mit einem quer durch den Kopf gesteckten, durch Knöpfe gegen das Herausfallen gesicherten Hebel, oder mit einer gerändelten runden Scheibe oder mit Flügeln (Flügelschraube).

Ist der Steigungswinkel α der Schraube nicht grösser als der Reibungswinkel, so dreht sich die Schraube unbeabsichtigt nur infolge Erschütterungen, weshalb solche Schrauben, bei denen ein Losdrehen befürchtet wird, mit Schraubensicherungen versehen sein müssen, unter welchen eine zweite Mutter (Gegenmutter) die einfachste und gebräuchlichste ist; sicherer jedoch wirken Vorsteckstifte, Keile, Klemmschrauben s (Fig. 13 S. 11) oder Gesperre.

Verbindungen mittels Schrauben bewirkt man entweder dadurch, dass man den Schraubenbolzen S (Fig. 20) durch die mit runden

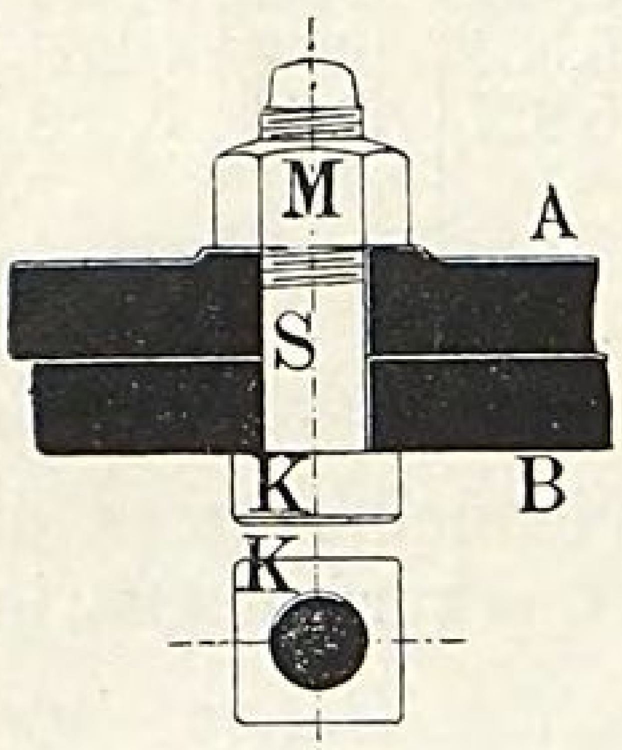


Fig. 20.

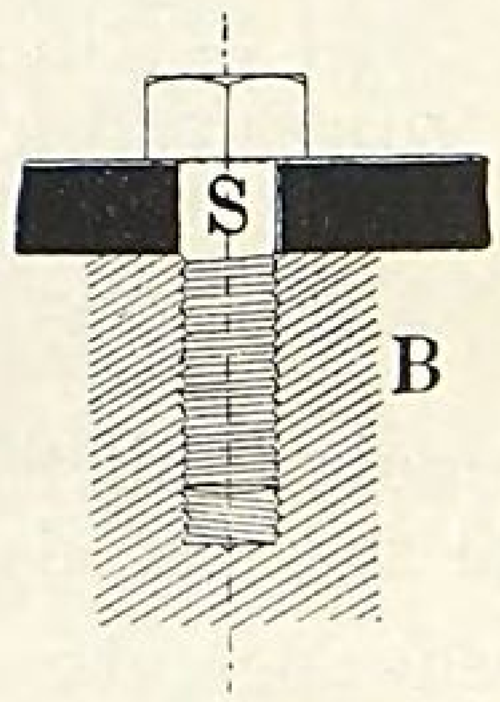


Fig. 21.

Löchern versehenen Teile A und B hindurchsteckt und die Mutter M anzieht, oder indem man in einem Teile B (Fig. 21) eine Mutter einschneidet und die Schraube S hineindreht. Oft, namentlich bei unebenen Flächen des Werkstückes, legt man unter die Mutter oder den Kopf eine runde gelochte Unterlegscheibe. Fig. 22 zeigt eine Flanschverbindung mit

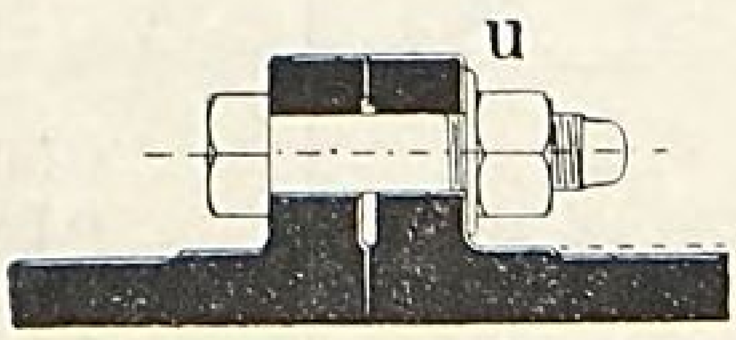


Fig. 22.

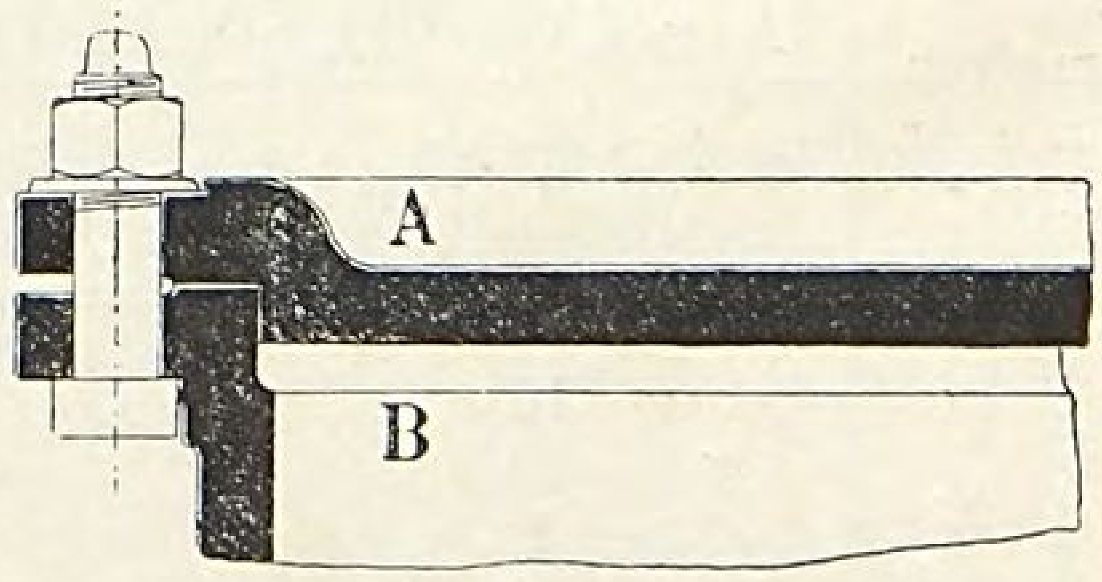


Fig. 23.

Unterlegscheibe u; Fig. 23 die Befestigung eines Deckels A auf einem Gefässe B (Dampfcylinder). — Zum Befestigen eines Gestelles, einer Fundamentplatte, einer Säule u. dgl. mit dem Fundamente dienen Schrauben in

Verbindung mit Ankern. Hierzu gehört die Steinschraube (Fig. 24), deren langer pyramidischer Kopf A (Anker) von oben in das Mauerwerk eingelassen und durch seitwärts eingelegte Eisenschienen k oder durch Ausgiessen der Zwischenräume mit Zement oder Blei vermöge der Keilwirkung festgehalten wird. Sicherer als dieser ist der Fundamentanker (Grundanker) (Fig. 25). Derselbe besteht aus einem der Tiefe angepassten Schaft SS, der unter dem Mauerwerk G in einer Aussparung (Gewölbe) durch eine kräftige Unterlegplatte u (Ankerplatte) geht und einen Splint K aufnimmt, der sich gegen die Platte u legt. Durch Anziehen der Mutter M erfolgt das Festlegen von A auf G. — Lange Schrauben mit übergeschobenen Hülsen oder mit angeschmiedeten Wulsten und an beiden Enden mit Gewinden versehen, ersetzen in vielen Fällen die Stehbolzen (S. 10). — Befindet sich an einem Ende einer Büchse ein linkes, an dem anderen Ende ein rechtes Muttergewinde, so werden die zwei in diese Muttern eingedrehten Schrauben z. B. zweier Stangen bei einer Drehrichtung der Hülse einander entgegenbewegt, bei entgegengesetzter Drehung auseinandergeschoben; solche Hülsen oder Bügel (Spannwirbel) dienen demnach zum Anspannen oder zum Lockern der verbundenen Teile.

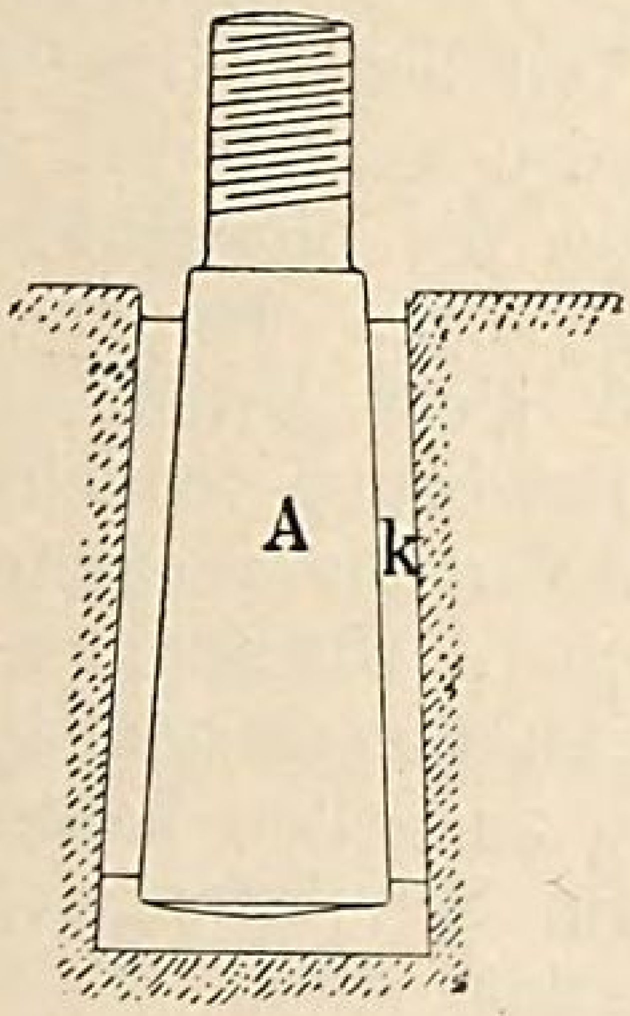


Fig. 24.

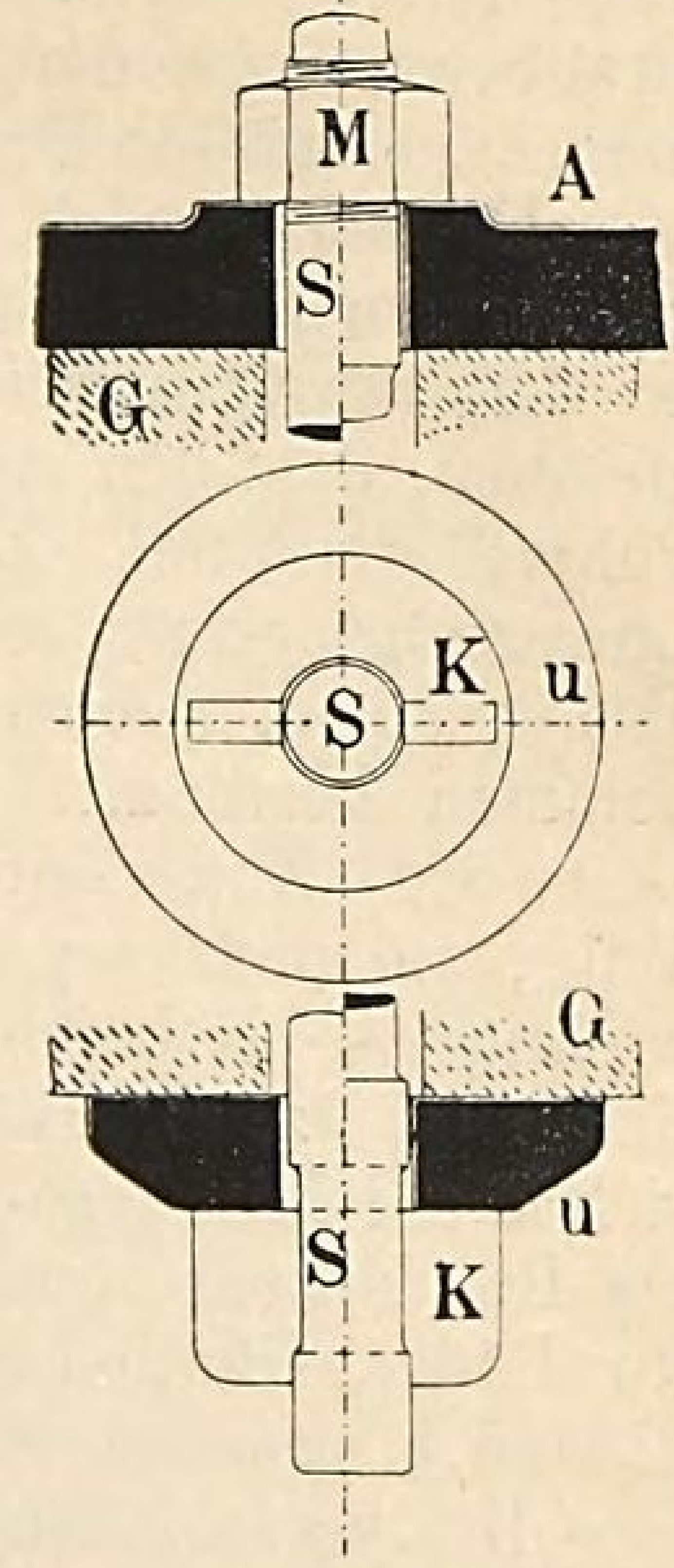


Fig. 25.

Zweiter Abschnitt.

Bewegungselemente.

Die Bewegungselemente vermitteln die Bewegungen zwischen den einzelnen Maschinenteilen, Mechanismen und Maschinen selbst und finden demgemäss die ausgedehnteste Verwendung. Wenn zwar die Bewegungen selbst sich als geradlinige und krummlinige, periodische, hin- und hergehende und ununterbrochene charakterisiren, so lassen sich doch die Bewegungselemente nicht nach der Art der Bewegung einteilen, da manche derselben nicht nur mehrere Bewegungen gleichzeitig ausführen können, sondern auch je nach ihren Anwendungsformen zu verschiedenen Bewegungsarten brauchbar sind. Die Einteilung ist demgemäss willkürlich. In anbetracht jedoch des Umstandes, dass die ununterbrochene kreislinige oder Drehbewegung ihrer Stetigkeit und Gleichmässigkeit wegen überall, wo es zulässig ist, den Vorzug verdient und deshalb am häufigsten vorkommt, scheint es angemessen, die Elemente zur Ermöglichung und Fortpflanzung einer Drehbeweg-

ung an die Spitze zu stellen und ihnen diejenigen anzuschliessen, welche aus der Drehbewegung andere Bewegungen ableiten, allerdings auch in den meisten Fällen umgekehrt andere Bewegungen in Drehungen zurückzuführen im stande sind.

Es handelt sich bei Bewegungen in Maschinen stets um die Erzeugung gezwungener also zwangläufiger Bewegungen, und aus dem Grunde gehören zu den Bewegungselementen auch diejenigen Mittel, welche diesen Zwang ausüben, d. h. den ersteren nur die Bewegungen in bestimmten geometrischen Bahnen gestatten. Zum Teil liegen diese Mittel in der Art, in welcher die Bewegungsorgane verbunden werden und zwar so, dass in einer Verbindung, also in einem Mechanismus, die Bewegung eines einzigen Teiles sofort vollkommen bestimmte Bewegungen der anderen Teile zur Folge hat (z. B. Gelenke). Zum Teil sind diese Mittel selbständig und bilden besondere Teile, die nicht an der Bewegung teilnehmen, aber als — allerdings sehr wichtige — Nebenorgane für den geometrischen Zusammenhang unentbehrlich sind (z. B. Führungen, Gleitbahnen etc.). — Im allgemeinen lehnen sich diese Mittel so eng an die einzelnen Bewegungselemente an, dass sie als Bestandteile derselben zu gelten haben (z. B. Achsen, Wellen und Lager für Räder, Gleitbahnen für Schubstangen etc.) und nur im Anschluss an dieselben passend einzureihen sind.

Bei verschiedenen Maschinen ist es notwendig, gewisse Bewegungen durch Eingriffe in die Mechanismen zeitweilig zu unterbrechen oder zu mässigen oder absetzende Bewegungen hervorzubringen und zu übertragen. Diejenigen Organe, welche zu solchen Eingriffen bestimmt sind (Sperrwerke, Bremsen, Schaltwerke, Federn etc.) gehören zweifellos ebenfalls zu den Bewegungselementen und schliessen daher diesen Abschnitt ab.

Erstes Kapitel.

Zapfen, Lager, Achsen, Wellen, Kupplungen.

Zur Verwirklichung einer sicheren Drehung ist es notwendig und ausreichend die geometrische Drehachse des sich drehenden Maschinenteiles derart zu verkörpern d. h. als Drehkörper auszubilden, zu umhüllen und zu stützen, dass dieser den einwirkenden Kräften zu widerstehen vermag, und ohne Aenderung seiner Lage eine also zwangläufige Bewegung erhält. Dadurch entstehen diejenigen rotirenden beziehungsweise schwingenden Elemente, welche Achsen und Wellen heissen, mit den Drehkörpern, die Zapfen genannt werden, und den Umhüllungen und Stützungen, welche die Lager bilden.

I. Zapfen.

Die Zapfen werden eingeteilt in Tragzapfen (Fig. 26) und Stützzapfen (Fig. 27), jenachdem der Druck quer oder in der Richtung der Drehachse auftritt. Sitzen sie an den Enden, so heissen sie Stirn- oder Endzapfen beziehungsweise Spurzapfen im anderen Falle Halszapfen. Die Form der Zapfen ist in der Regel cylindrisch; einzelne Zwecke machen eine kugelige, kegelige, oder eine sehr geringe Auflagefläche (Schneide) erwünscht (Kugelzapfen, Kegelzapfen, Schneide).

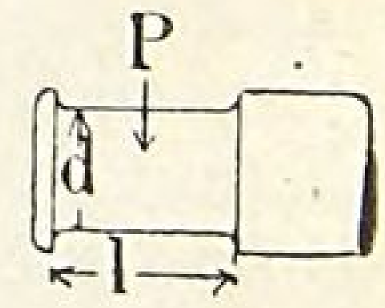


Fig. 26.

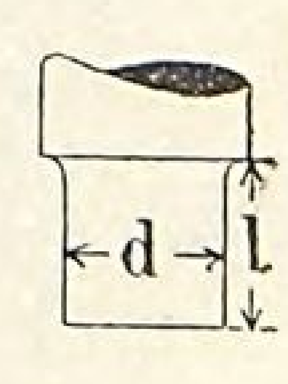


Fig. 27.

Bei der Bestimmung der Zapfenabmessungen ist auf die Festigkeit und die Abnutzung Rücksicht zu nehmen, also Einheitsdruck nebst Drehgeschwindigkeit in betracht zu

ziehen, sowie zwischen Zapfenlänge l und Zapfendurchmesser d ein passendes Verhältnis zu wählen. Ist bei Stirnzapfen (Fig. 26) P der vom Zapfen aufzunehmende Druck in *kg* und S die zulässige Biegungsspannung auf 1 *qcm*, so wird in *cm*

$$d = 2{,}26 \sqrt{\frac{P\,l}{S\,d}}$$

und für gewöhnliche Umdrehzahlen n kleiner als 100 in der Minute:

bei Zapfen aus Gusseisen: $\frac{l}{d} = 1{,}3$; — $S = 250$; — $d = 0{,}16\sqrt{P}$

„ „ „ Schmiedeisen: $\frac{l}{d} = 1{,}4$; — $S = 500$, — $d = 0{,}12\sqrt{P}$

„ „ „ Stahl $\frac{l}{d} = 1{,}4$; — $S = 800$; — $d = 0{,}10\sqrt{P}$

Ist die Umdrehzahl $n > 100$ so gelten gewöhnlich folgende Formeln:

für Zapfen aus Schmiedeisen $d = 0{,}10\sqrt{P\frac{l}{d}}$

„ „ „ Stahl $d = 0{,}08\sqrt{P\frac{l}{d}}$

und für n = 125. 150. 200. 250. 300. 400. 500. 600. 800.

$\frac{l}{d}$ = 1,5. 1,75. 2,0. 2,25. 2,5. 2,75. 3,0. 3,5. 4,0.

Der Durchmesser d des Halszapfens (Fig. 28) wird gleich dem Wellendurchmesser und die Länge l desselben mindestens = d zweckmässiger aber in Rücksicht auf die Abnutzung wie bei dem Endzapfen gewählt.

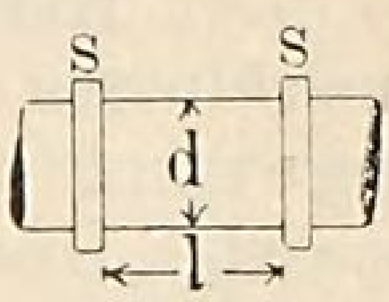


Fig. 28.

Damit die Zapfen sich nicht achsial verschieben, erhalten sie je nach Bedürfnis an beiden oder einem Ende einen Bund oder Anlauf, dessen

Höhe e *cm* = 0,3 + 0,07 d
Breite . . . b = 1,5 e

genommen wird. Man stellt diese Anläufe entweder dadurch her, dass man die Wellen an der Zapfenstelle zusammenstaucht und dann auf den Zapfendurchmesser abdreht oder indem man (Fig. 28) Stellringe s auf die Welle schiebt und durch Schrauben mitunter durch Schweissen befestigt.

Für Stützzapfen (Fig. 27), welche den Druck in der Achsenrichtung aufnehmen, wird durchschnittlich $\frac{l}{d} = 1{,}5$ sowie

für Schmiedeisen . . d *cm* = $0{,}018\sqrt{Pn}$
„ Stahl d *cm* = $0{,}014\sqrt{Pn}$
„ Gusseisen . . . d *cm* = $0{,}0232\sqrt{Pn}$

gemacht. — Um bei grossen Drücken die Stützzapfen zu entlasten und deren Durchmesser auf kleine Maasse zu beschränken, wendet man sehr häufig (bei Turbinenachsen, Schiffswellen etc.) Kammzapfen oder Ringzapfen

(Fig. 29) an, welche die Last an quadratisch geformten Ringen r von der Breite b tragen, die um die Höhe h von einander abstehen. Diese Breite wird, entsprechend dem Wellendurchmesser D, bemessen nach der Formel

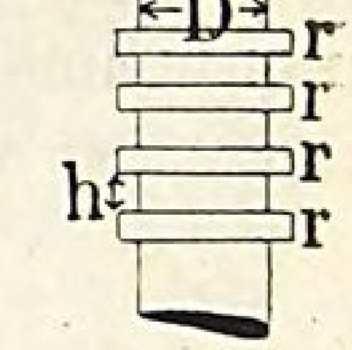


Fig. 29.

$$b\ cm = 0{,}3 + 0{,}7\ \sqrt{D}$$

Die Zahl i der Ringe findet man aus der Gleichung:

$$i = \frac{P}{\pi\ D\ b\ p}$$

in welcher P den Gesammtdruck und p die gewünschte Belastung auf 1 *qcm* bedeutet.

II. Lager.

Die **L a g e r** dienen zur Umhüllung und Stützung der Zapfen und bestehen in der einfachsten Form aus einem befestigten Körper (**L a g e r b o c k**), in welchem passende cylindrische Löcher (Augen) zur Aufnahme der Zapfen ausgebohrt sind. Da diese einfache Ausführung vielfach das Einbringen des Zapfens erschwert oder unmöglich macht, auch die notwendige genaue Einstellung desselben mehr dem Zufall überlässt, sowie nach baldiger Abnutzung des Zapfens und der Lochwand den Ausgleich der dadurch erwachsenen, die Sicherheit der Bewegung beeinträchtigenden Folgen ausschliesst, so wird sie nur für untergeordnete Zwecke verwendet oder doch mit einem auswechselbaren Futter (Büchse) versehen, während in den überwiegend häufigen Fällen die Lager solche Einrichtungen erhalten, dass den ausgesprochenen Unvollkommenheiten vorgebeugt wird.

Zur Hervorbringung eines guten und die Abnutzung ausgleichenden Umschlusses werden die Zapfen zunächst in **S c h a l e n** (**L a g e r s c h a l e n**, **L a g e r f u t t e r**) gelegt und diese dann nachstellbar in den Lagerbock eingepasst. Das Material zur Anfertigung der Schalen ist in erster Linie Bronze oder Rotguss (**L a g e r m e t a l l**) dann zahlreiche Legirungen, Stahl, Gusseisen, Holz, Papier, Glas etc., stets aber so zu wählen, dass die Reibung und Abnutzung zwischen Zapfen und Schalen möglichst klein ausfällt. Zum bequemen Einbringen sind die Schalen a, u für Tragzapfen (Fig. 30) gewöhnlich zwei- mitunter dreioder vierteilig, durch eine sechs- oder vierseitige äussere Gestaltung oder Vorsprünge n gegen das Mitdrehen geschützt und durch Ränder e, e an der achsialen Verschiebung gehindert.

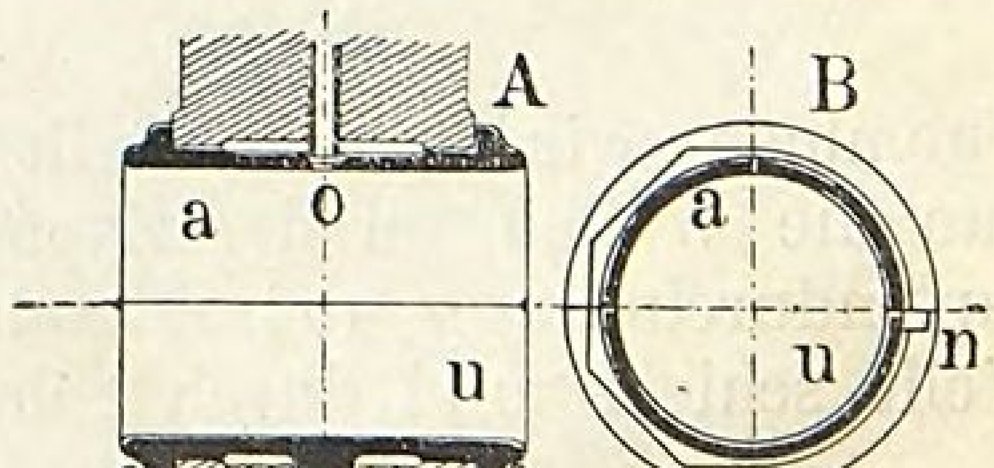


Fig. 30.

Die Schalen für Stützzapfen bilden (Fig. 36 S. 22) cylindrische Töpfe B mit eingelegten Bodenplatten (**S p u r p l a t t e n**) a, und die Schalen für Kammzapfen wie diese selbst zahnartig vertiefte, d. h. aus Reifen zusammengesetzte Flächen.

Von grosser Wichtigkeit für die Erhaltung der Lager durch Verminderung der Reibungswiderstände und demnach der hierdurch veranlassten Arbeit ist die **S c h m i e r u n g** derselben, auf welche mit grosser Aufmerksamkeit zu achten ist. Bei Metallagern kommen ausschliesslich fette Schmiermittel in flüssigem oder festem Zustande (Oel, Vaselin, Kokosnussfett, Mischung von Talg mit Oel u. s. w.), bei hölzernen (Pockholz-

schalen dahingegen Wasser zur Verwendung. Man schmiert entweder periodisch oder zweckmässiger kontinuirlich und in diesem Falle mit Hilfe selbstthätiger Schmiervorrichtungen, unter welchen diejenigen mit Dochten oder Nadeln (Nadel- oder Stiftenschmiergläser) die gebräuchlichsten sind. Damit die Schmiere regelmässig verteilt und nicht von den Zapfen herausgedrückt wird, erhalten die Schalen sogenannte Schmiernuten; die Zuführung der Schmiermittel erfolgt in der Regel durch einen oben eintretenden Kanal o. Fig 30. — Unter dem Namen Metalline ist ein Schalenmaterial in Gebrauch, welches das Schmieren überflüssig machen soll und der Hauptsache nach aus Graphit besteht. Diesen formt man mit einem Bindemittel zu harten, runden Stäbchen, die in zahlreiche Löcher der aus Bronze gegossenen Schalen eingesetzt werden. In einzelnen Fällen z. B. bei Kranen, Rollenzapfen u. dgl. vermindert man die Reibungsarbeit dadurch, dass man statt fest umschliessender Schalen die Zapfen mit einer Anzahl Stahlwalzen umgiebt, die durch ein cylindrisches Gehäuse zusammengehalten werden (Rollenlager).

Die Lager erhalten ihre Einteilung und Benennung nach den Zapfen und zerfallen dementsprechend in die zwei Hauptgruppen der Traglager und Stützlager, die ihrerseits wieder nach der Art der Anbringung verschieden benannt werden.

A. Traglager.

Die allgemeine und typische Anordnung geht aus Fig. 31 hervor, die ein Lager zum Teil in der Seiten- und Vorderansicht, zum Teil in dem

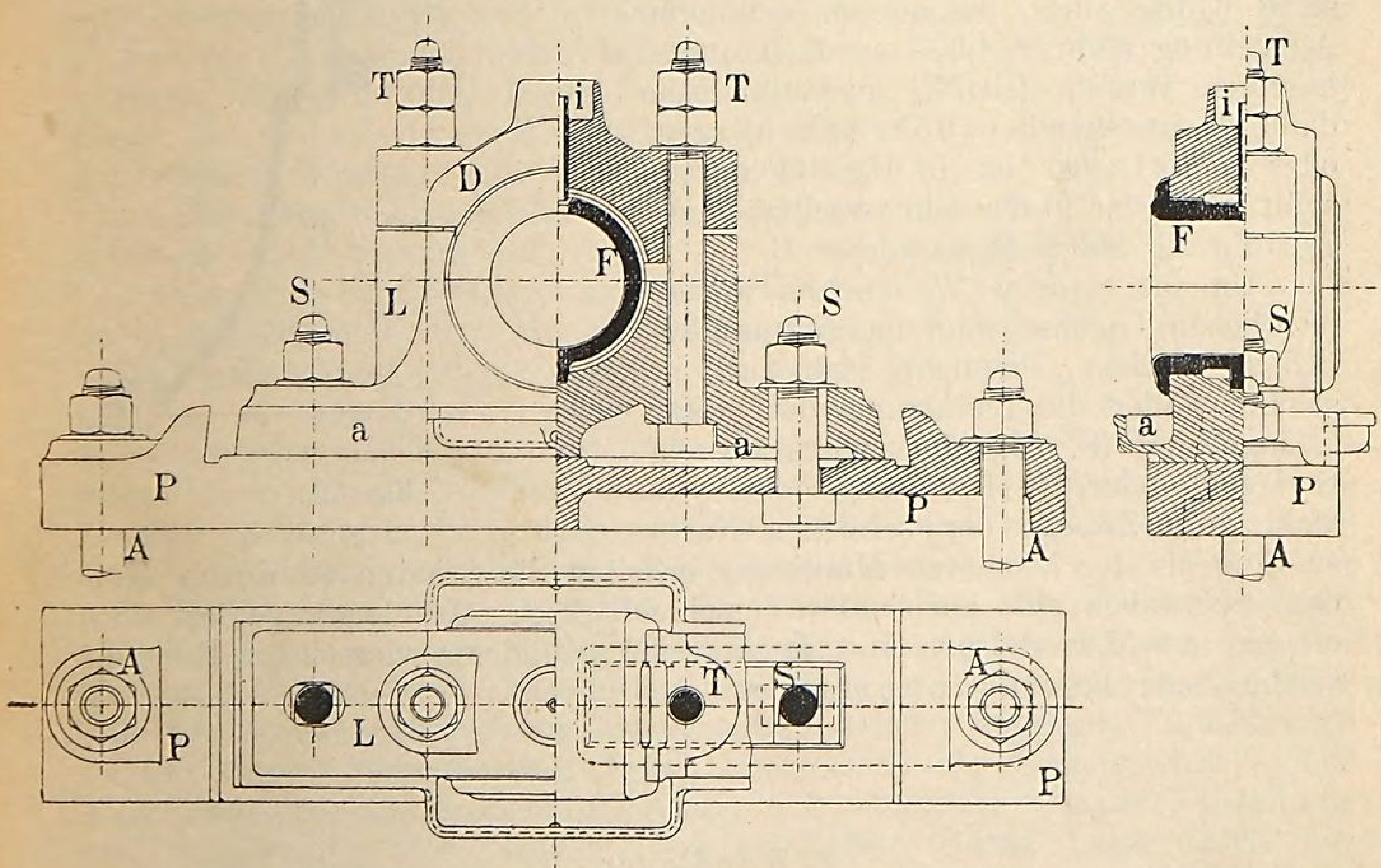


Fig. 31.

Längenschnitt und Querschnitt, sowie im Grundriss darstellt. Das Lager besteht der Hauptsache nach aus dem gusseisernen Lagerkörper L und

dem Lagerdeckel D, zwischen welchen die Lagerschalen F aufgenommen werden. Der Deckel greift zur Verhütung einer Verschiebung mit Vorsprüngen in den Lagerkörper L und erhält mit diesem seine Verbindung durch die Schrauben T, welche zugleich zum Nachstellen der ausgenutzten Schalen dienen. Ein auf dem Deckel angebrachter Schmierbehälter i vermittelt die Zuführung von Schmiermaterial mittels eines vertikalen Kanales direkt auf den Zapfen. — Die Traglager bieten im übrigen die grösste Mannigfaltigkeit in Grösse, Form und Art der Anbringung. In bezug auf letztere sind folgende zu unterscheiden.

1. Stehlager.

Das Stehlager ist durch Fig. 31 dargestellt. Es steht entweder mit der Sohle a unmittelbar auf dem Fundamente und erhält seine Befestigung mit Ankerschrauben, oder auf einer Fundamentplatte P, oder an einem passend geformten Teile einer Maschine etc. — Damit der Lagerkörper L sich leicht in die richtige Lage bringen lässt, sind die für die Schrauben S angebrachten Löcher in der Sohle a sog. lange Löcher. Aus demselben Grunde erhält auch die Fundamentplatte P für die Ankerschrauben A länglich runde Löcher.

In vielen Fällen ist übrigens der Lagerkörper mit dem Maschinengestell zusammengegossen; andererseits bedarf derselbe häufig einer besonderen erhöhten Aufstellung dadurch, dass er nach unten in einem Gestelle (Bock) ausläuft. Das dadurch entstehende erhöhte Stehlager oder Bocklager ist in Fig. 32 dargestellt und zwar in der sehr zweckmässigen Ausführung als Hohlgusskörper G. —

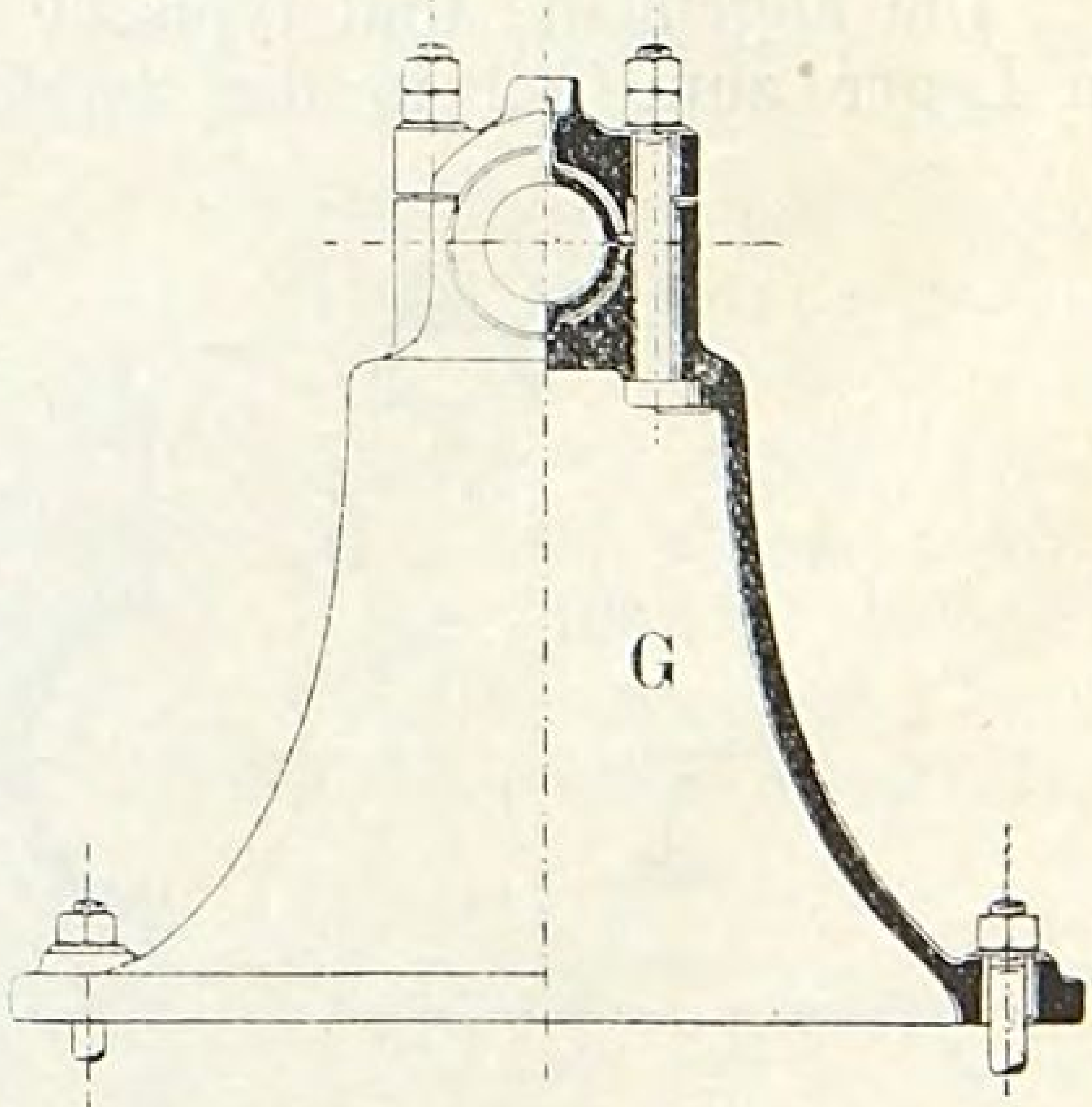


Fig. 32.

Um bei langen Wellen die unvermeidlichen Lagenschwankungen unschädlich zu machen, empfiehlt sich auch in solchen Fällen die Benutzung der unter „Hängelager“ (S. 22) näher beschriebenen Gelenk- oder Sellers-Lager. — Sowohl zum Zwecke der seitlichen Nachstellung als der leichteren Montirung erhalten die Schalen oft durch Keile oder Schrauben eine horizontale Verschiebbarkeit. Als Lager genügt dann oft ein aus Lagerkörper und Lagerdeckel gebildeter viereckiger Rahmen; solche Lager heissen Gabellager.

2. Wandlager.

Das Wandlager erhält seine Aufstellung an der Fläche einer Wand, einer Säule, eines Pfeilers, eines Durchzuges u. dgl. und entsteht, wenn

man (Fig. 33) ein gewöhnliches Steh- oder Gelenklager auf eine Konsole K setzt oder damit aus einem Gussstück herstellt. Die viereckige Platte PP wird mit dem unten angebrachten Vorsprung in eine Fuge u. dgl. gestellt und ausserdem durch vier Ankerschrauben mit der Wand verbunden. Die zur Befestigung des Lagerdeckels dienenden Schrauben werden mit dem Lagerkörper durch Keile gehalten. Die Wandlager heissen **Stirnlager**, wenn die Richtung der Welle also damit auch diejenige der Lagerachse rechtwinklig zur Platte PP steht. Als Stirnlager dienen vielfach zweckmässig gewöhnliche Stehlager, welche in Mauernischen, oft mit Anwendung sog. Mauerkasten aufgestellt werden. Für vertikale Wellen werden die Wandlager gewöhnlich als Gabellager konstruirt.

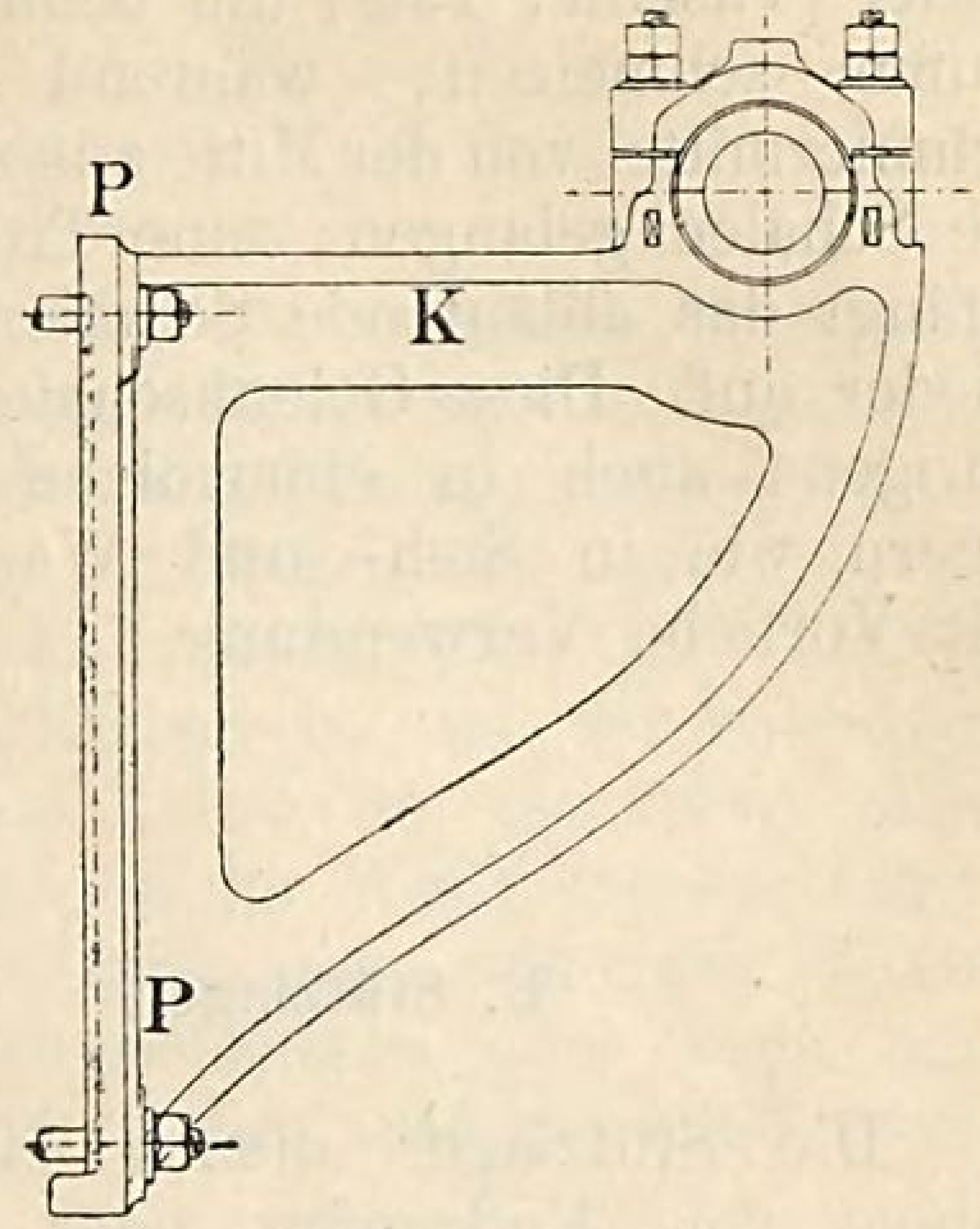


Fig. 33.

3. Hängelager.

Die Hängelager verwendet man für solche Wellen, welche in grosser Höhe über dem Fussboden aber nicht an der Wand anzubringen sind. Sie werden deshalb unter den Decken aufgehängt und erhalten gewöhnlich die in Fig. 34 dargestellte Form. An dem mit zwei Deckenschrauben S S befestigten Rippengusskörper K befindet sich, behufs des bequemen Einlegens der Welle seitwärts, das Lager L (**einarmiges Hängelager**). Der Lagerdeckel D erhält seine Befestigung auf der einen Seite mittels eines Keiles k, auf der andern Seite durch die Schraube T.

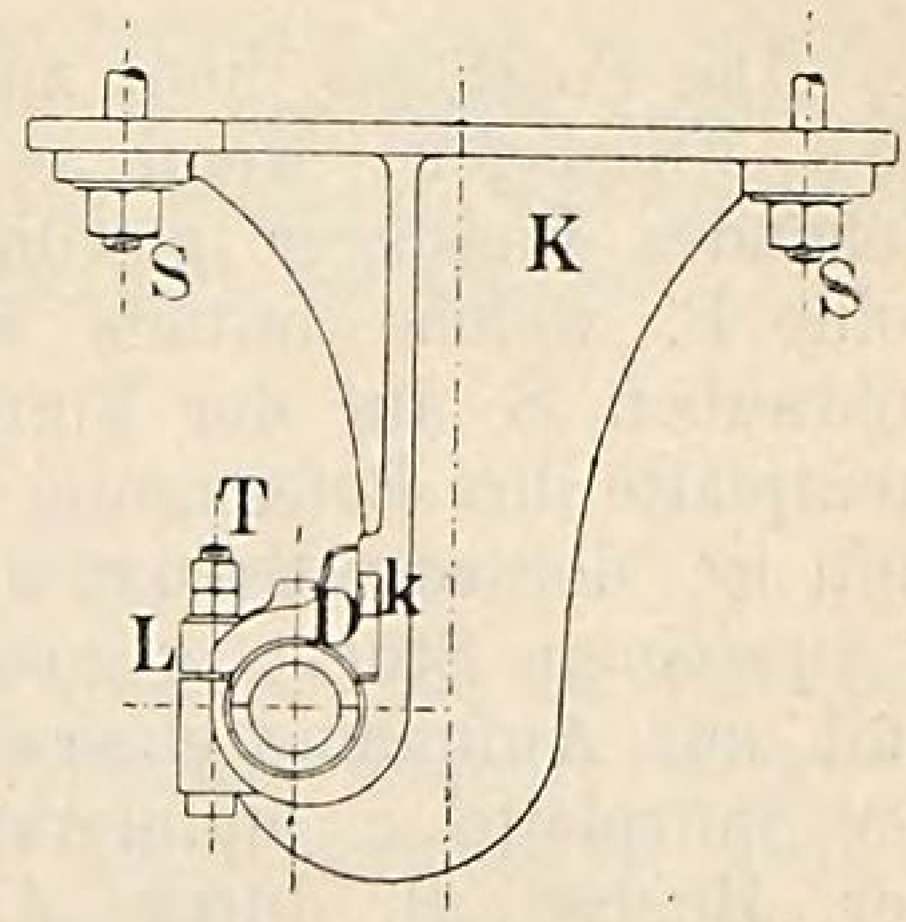


Fig. 34.

Wie schon beim Stehlager angedeutet wurde, ist es bei langen Wellen, namentlich wenn dieselben schnell umlaufen, geraten die Lagerschalen so anzuordnen, dass sie kleinen Schwankungen der Wellen nachgeben und vermöge einer grossen Lauffläche eine geringe Abnutzung ergeben. Zu dem Zwecke macht man die Schalen etwas beweglich und verhältnismässig sehr lang (gleich dem vierfachen des Zapfendurchmessers)

Höchst vorteilhaft hat sich für diesen Fall das **Gelenklager** von **Sellers** erwiesen. Als Deckenlager ausgeführt besteht dasselbe (Fig. 35), aus den zwei gusseisernen Schalen a und u, welche in der Mitte kugelige Erhöhungen besitzen, die in entsprechenden kugeligen Vertiefungen zweier hohler Stellschrauben liegen und somit ein Kugelgelenk bilden. Durch Drehung beider Schrauben lässt sich eine sehr genaue Einstellung und Anpressung der Schalen bewerkstelligen, deren Lage durch die Druckschrauben s, s gesichert wird. Die Mutterbüchsen m, m bilden Teile des Gestells G, das mittels zwei Schrauben an der Decke befestigt wird und ein **zweiarmiges** Hängelager darstellt. Zwei bedeckte Löcher i, i

dienen zum Einbringen fester Schmiermittel (Vaselin, Talg) die beim Warmlaufen schmelzen, während flüssige Schmiermittel von der Mitte aus zwischen die Schalen gelangen; eine Tropfschale t fängt das ablaufende Schmiermaterial wieder auf. Diese Gelenkschalen finden übrigens auch in einarmigen Hängelagern wie in Steh- und Wandlagern mit Vorliebe Verwendung.

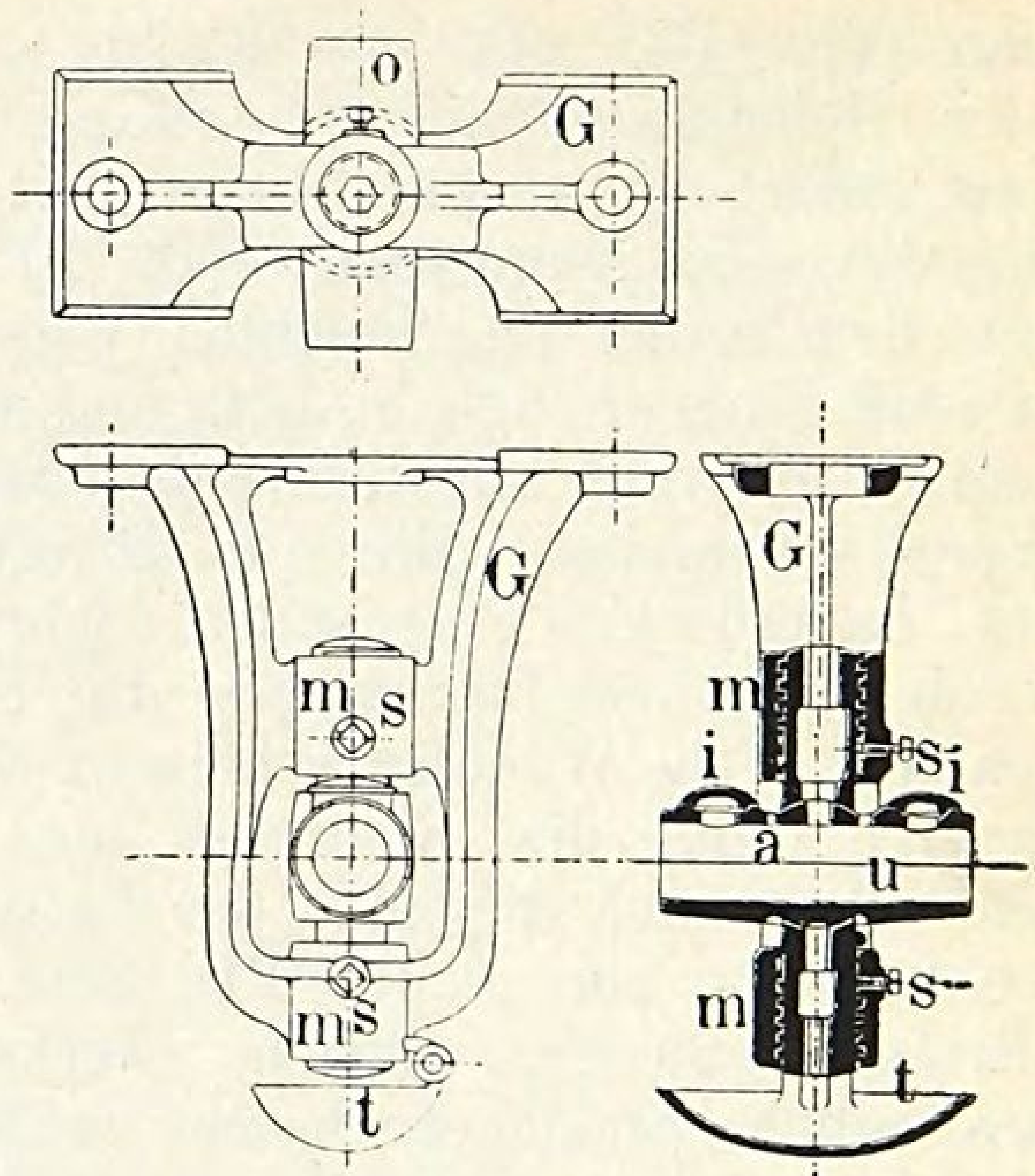


Fig. 35.

B. Stützlager.

Die Stützlager dienen zur Aufnahme von Endzapfen oder Kammzapfen und sind für alle vertikale und horizontale Achsen und Wellen notwendig, wenn diese in der Längenrichtung auf Druck beansprucht werden (z. B. Turbinenachsen, Schiffschraubenachsen, Mühlenwellen etc.) Man unterscheidet in der Regel folgende Arten von Stützlagern.

1. Fusslager.

Das Fusslager dient zur Stützung vertikaler Wellen und heisst stehendes Fusslager, wenn es auf einem Fundament angebracht ist. Ein stehendes Fusslager gewöhnlicher Ausführung zeigt Fig. 36. Mit der Sohle P, welche mittels vier Schrauben S auf der Fundamentplatte ihre Befestigung erhält, ist der sog. Spurtopf T aus einem Stücke gegossen und zur Aufnahme einerseits der Spurplatte a andererseits der Büchse B durch Ausbohren vorbereitet. Die zur Stützung des Zapfens dienende,

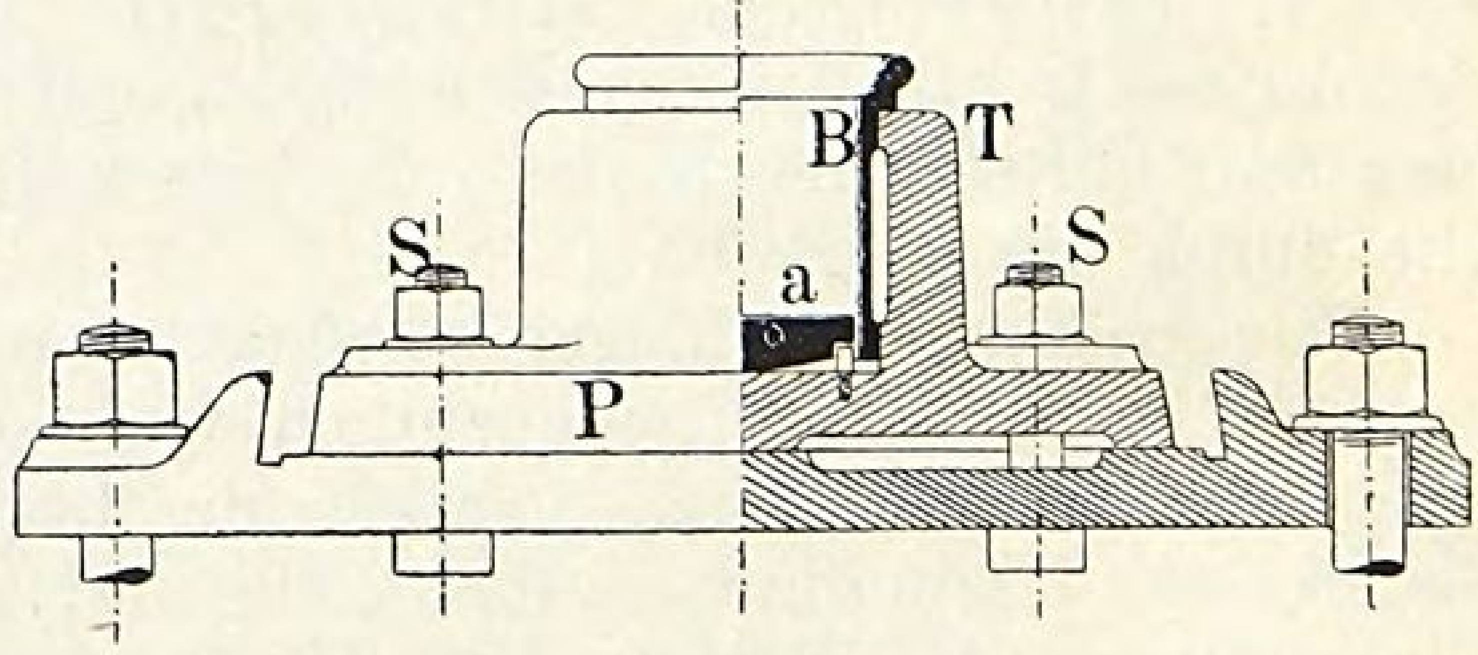


Fig. 36.

an der Drehung verhinderte, stählerne Spurplatte a wird ausserdem noch gewöhnlich mit einer runden Bronzescheibe bedeckt, welche frei beweglich ist und somit zwei die Abnutzung gleichmässiger gestaltende Laufflächen darbietet. Ausserdem gestattet eine kugelige Abrundung der Spurplatte eine geringe Schiefstellung der Welle. Eine mitunter erwünschte grössere Beweglichkeit des Lagers wird dadurch erreicht, dass man den Spurtopf als besonderes Stück anfertigt, an der unteren Fläche kugelig abrundet und mit dieser Abrundung in eine Kugelschale der Fussplatte setzt. Mit Konsolen an der Wand angebracht entstehen die Wandfusslager. In vielen Fällen z. B. bei Turbinen, Mühlspindeln u. dergl. wo es nicht nur auf eine genaue Einstellung sondern auch auf eine Nachstellung der Spurplatte zum Ausgleich der Abnutzung ankommt, erhält das Fusslager oder

die Spurplatte mit der Büchse eine Stützung auf Schrauben, Hebeln oder Keilen.

2. Kammlager.

Kammlager werden sowohl für horizontale als vertikale Wellen in Fällen angewendet, wo von den Lagern bedeutende Pressungen aufzunehmen sind (Schiffschrauben, Turbinen etc.). — In der Regel unterscheiden sie sich von den Stehlagern nur durch die Form des Schalenfutters, welches wie die Zapfen ringartig, im übrigen zweiteilig und nachstellbar ist. Vielfach erhält jede Schale einen kurzen Zapfen zum Einlagern, um Schwingungen um eine die Welle rechtwinklig schneidende Achse zu gestatten, damit der Wellenzapfen auch bei kleinen Abweichungen der Welle von der Lagerachse ohne Klemmung bleibt. — Dass diese Lager bei stehenden Wellen mit der Fussplatte an der vertikalen Wand zu befestigen oder auch nach Art der Wandlager ausgeführt werden können, bedarf nur der Andeutung.

C. Lagerstühle.

Ausser den beschriebenen Lagerbefestigungsmitteln (Platten, Böcke, Konsolen, Fig. 31, 32, 33 etc.) gelangen in einzelnen Fällen besonders konstruirte Lagerstühle zur Verwendung. Hierher gehören die Säulenlagerstühle, welche Säulen bilden, deren Köpfe oder auch Schäfte zur Aufnahme der Lager geeignet geformt sind; ferner die mehrfachen Stühle, welche die Bestimmung haben, gleichzeitig mehrere Lager z. B. für winklig zusammenstossende Wellen, oder für vertikale und horizontale Wellen aufzunehmen; sodann die Mauerkasten, in der Regel viereckige gusseiserne Rahmen mit einem zur Aufnahme eines Stehlagers vorbereiteten Boden, dazu bestimmt, in einer Mauernische aufgestellt zu werden.

III. Achsen, Wellen und ihre Verbindungen.

Achsen heissen diejenigen Körper, welche vorzugsweise zum Tragen und Stützen drehender oder schwingender Maschinenteile dienen, während Wellen in erster Linie dazu bestimmt sind, Drehbewegungen fortzupflanzen. — In vielen Fällen, z. B. bei Wasserrädern, Dampfmaschinen (Schwungradachse) vermitteln die Achsen übrigens auch die Bewegungsübertragung und heissen dann auch belastete Wellen.

A. Achsen.

Man unterscheidet Tragachsen, welche ihrer Bestimmung gemäss ausschliesslich horizontal gelagert werden z. B. an Fuhrwerken, Balanziers, Drehkesseln etc. und Stützachsen, welche sowohl eine vertikale Aufstellung, z. B. an Turbinen, Kranen, Drehscheiben, Zentrifugen etc., als eine horizontale Lagerung, z. B. an Turbinen, in Raddampfern, an manchen rotirenden Pumpen etc., erhalten. — Die Achsen werden gewöhnlich aus Schmiedeisen oder Stahl (Flusseisen, Gusstahl) angefertigt und bekommen dann einen vollen kreisrunden Querschnitt. In einzelnen Fällen stellt man sie rohrförmig aus Blech oder selbst aus geschweissten Röhren her. Guss-

eisernen Achsen, welche nur für stossfreie Bewegungen anwendbar sind, giebt man zweckmässig den Querschnitt eines cylindrischen Ringes; vielfach wählt man bei diesem Material sternförmige oder Kreuz-Querschnitte, mit vier Flügeln (Flügelachse), obwohl diese Form keine Vorteile darbietet. — Hölzerne Achsen finden häufig bei Wasserrädern Verwendung und bestehen dann aus achteckig behauenen Eichenstämmen.

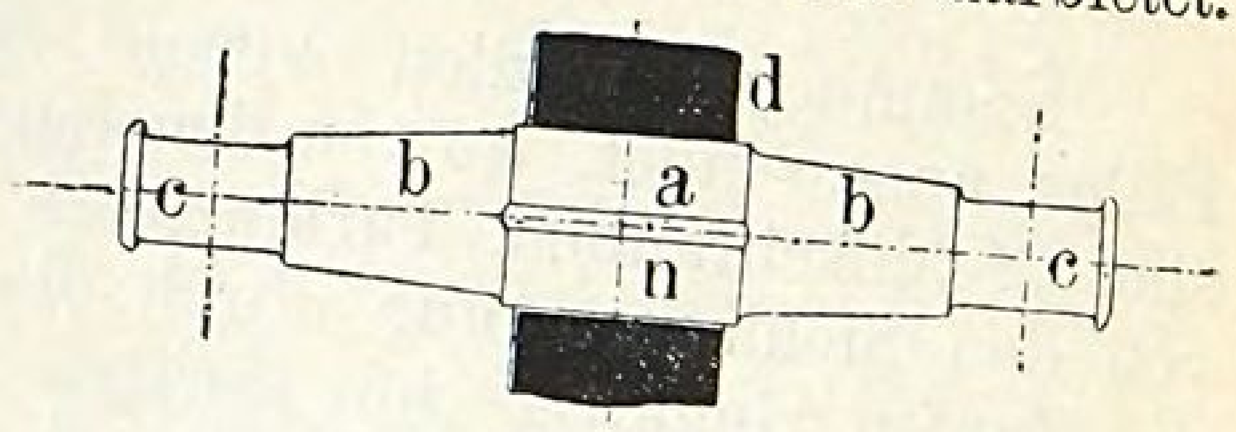


Fig. 37.

Je nachdem eine Achse an einem, zwei oder mehreren Punkten belastet wird, nennt man sie einfach (Fig. 37), zweifach (Fig. 38) und mehrfach

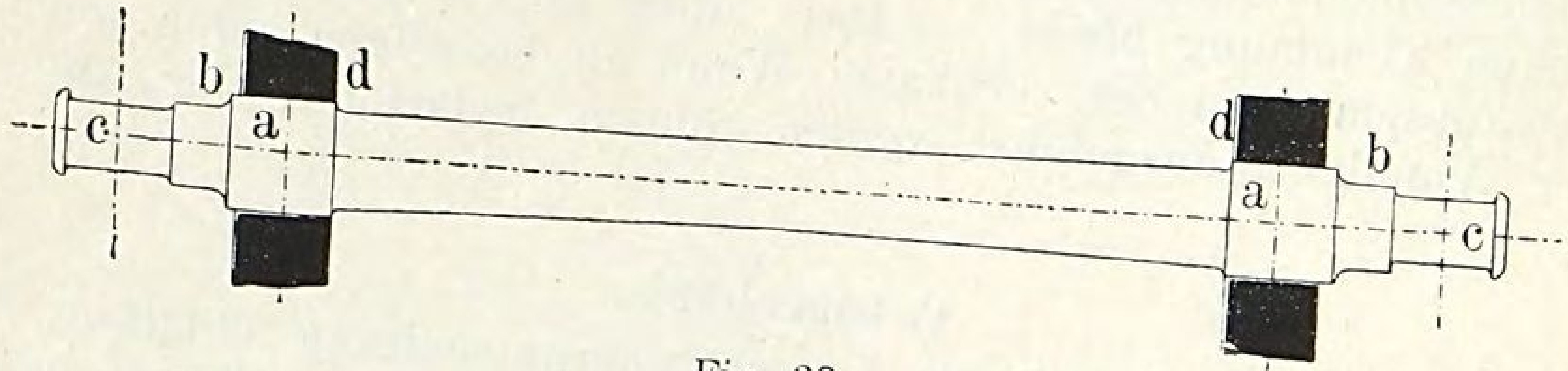


Fig. 38.

belastet. Die Belastungsstellen (Achsenköpfe) a erhalten ihre Verbindung mit dem Zapfen c, c vermittels Kegelstumpfe b, b (Schenkel). Sitzt der Achsenkopf nicht in gleichem Abstande von beiden Zapfen, so entsteht die ungleichschenklige Achse. — Zur Befestigung der zu tragenden Teile d dienen Langkeile, welche in Nuten n der Köpfe eingetrieben werden. Die Abmessungen der Achsen erfolgen nach der Art ihrer Hauptbeanspruchung, bei Tragachsen also vorzugsweise nach den Regeln der Biegungsfestigkeit, bei Stützachsen nach denjenigen der rückwirkenden Festigkeit.

B. Verbindung der Achsen mit Zapfen.

Die geschmiedeten Achsen erhalten ihre Zapfen bei der Anfertigung durch Schmieden in Gesenken und nachheriges Abdrehen. An gusseisernen Achsen werden die Zapfen ebenfalls beim Gusse hervorgebracht; sind dieselben jedoch hohl, so ist es vorzuziehen, sie nachträglich mit Zapfen aus Schmiedeisen oder Stahl zu versehen. Zur Befestigung wird der für sich hergestellte Zapfen c (Fig. 39) mit einer schlank verjüngten Fortsetzung e in eine genau anschliessende Bohrung der Achse gesteckt und durch einen seitwärts eingezogenen Keil k festgehalten sowie an der unbeabsichtigten Drehung verhindert. — In gleicher Weise bringt man

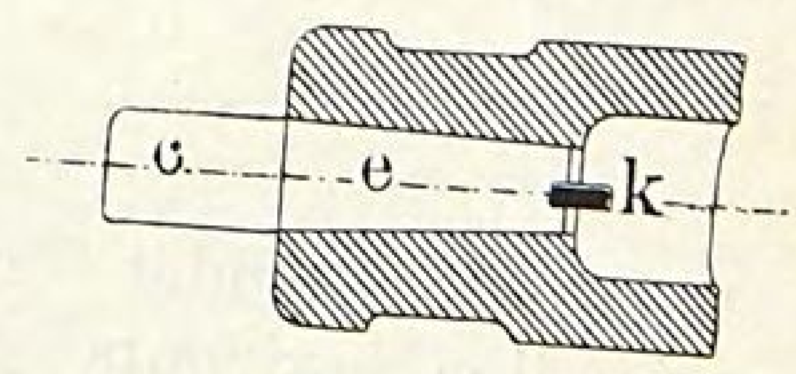


Fig. 39.

auch vielfach an massiven schmiedeisernen Stützachsen Zapfen aus Stahl an, weil solche Zapfen sich härten und nach der Abnutzung leicht auswechseln lassen. — Hölzerne Achsen müssen in allen Fällen mit eisernen Zapfen ausgestattet werden. In einfachster Ausführung erfolgt die Verbindung mit der Achse vermittels eines mit dem Zapfen zusammengeschmiedeten, viereckigen, an den Kanten mit Widerhaken versehenen, spitz

auslaufenden Stückes e (Fig. 40), das in ein konisches Loch eingeschlagen wird. Da diese Konstruktion wegen des leichten Ausbrechens von Holzteilen und schnellen Lockerns nur bei leichten Achsen brauchbar ist, so wird sie gewöhnlich dadurch vervollständigt, dass man die Stirnfläche der Achse A mit einer Kappe h bedeckt, welche den Zapfen mit dem Halse d in einer zentrisch sitzenden Büchse aufnimmt; drei warm aufgezogene Ringe r, r, r schützen das Holz gegen Spalten. — Eine sehr haltbare Verbindung, namentlich für stehende Achsen in Verwendung, liefert die in Fig. 41 dargestellte Verankerung des Zapfens c mit der Achse A durch den Keil k

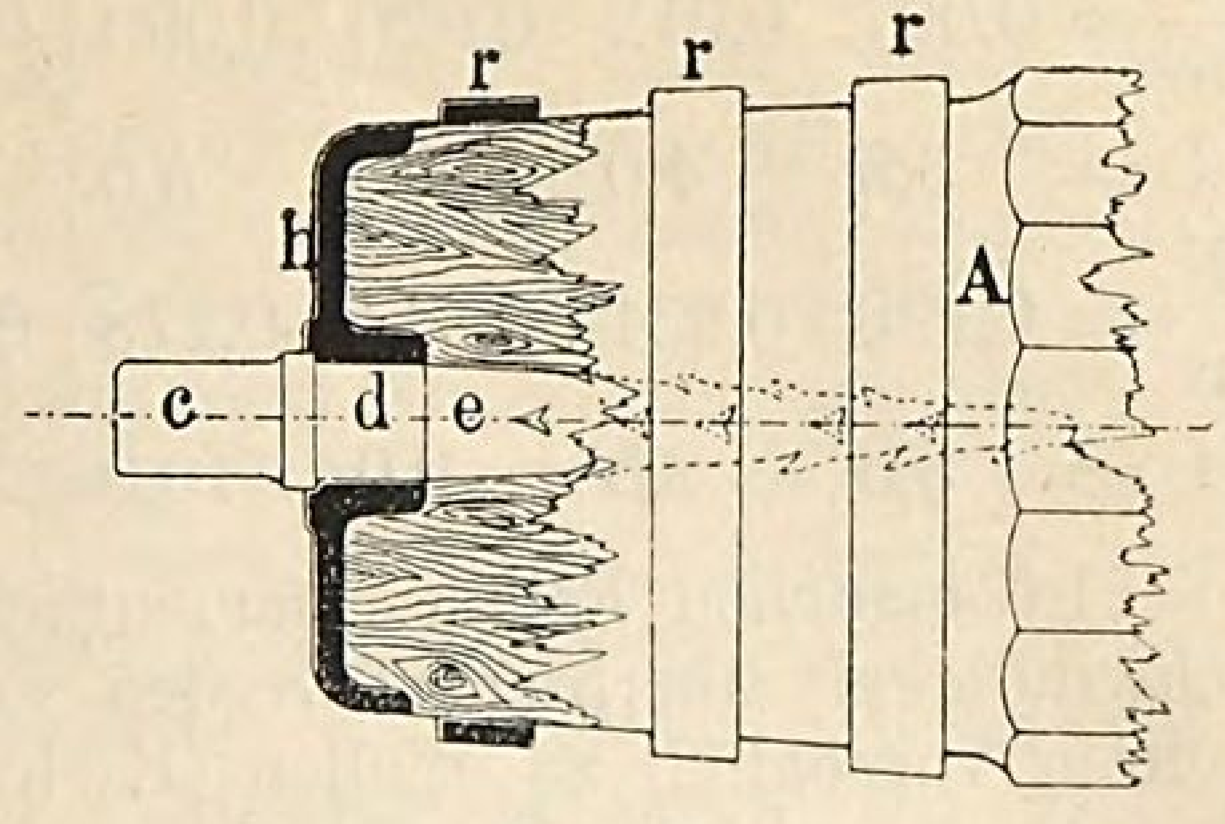


Fig. 40.

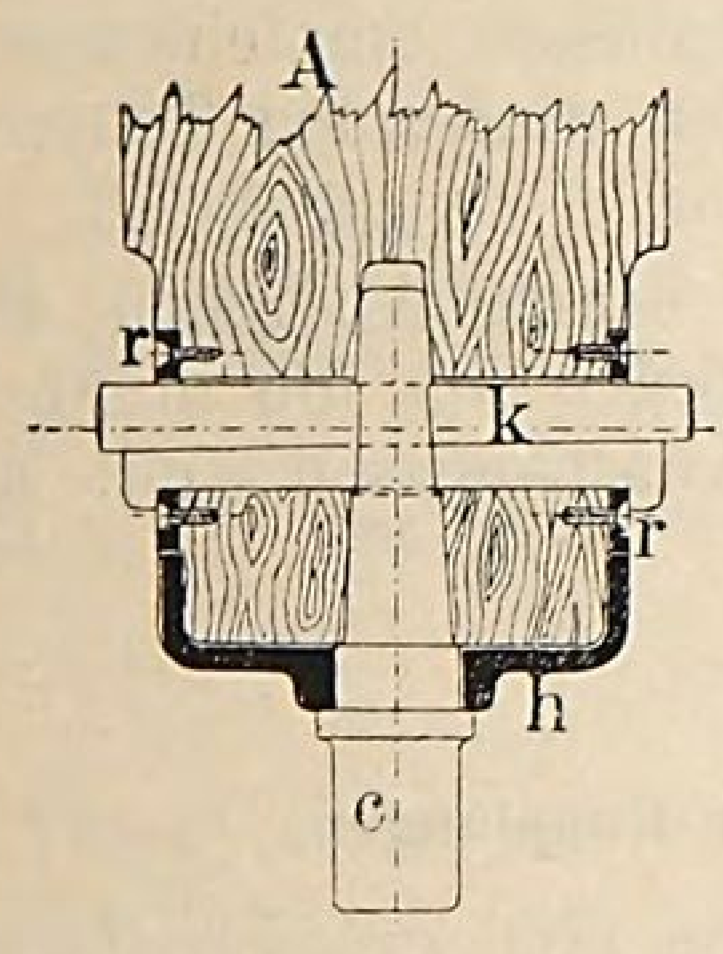


Fig. 41.

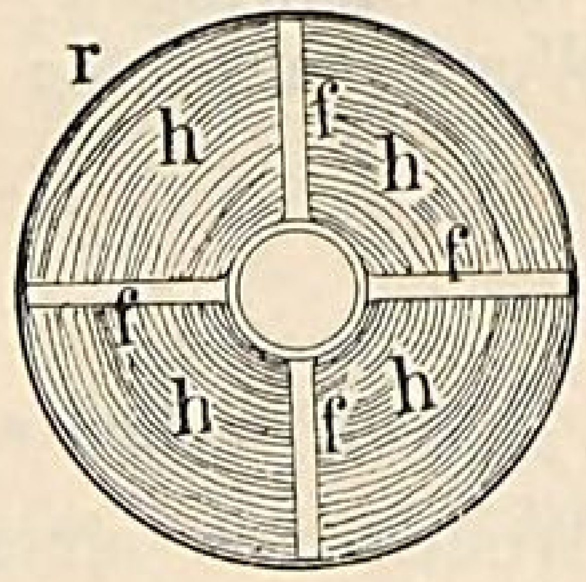


Fig. 42.

mit Zulage, wobei ein Ring r, r mit Keillöchern den Keil, die Kappe h den Zapfen stützt — Am häufigsten findet man jedoch den **Flügelzapfen** (Fig. 42) mit zwei oder vier Flügeln in Gebrauch; derselbe ist aus Gusseisen hergestellt und wird mit den Flügeln f in Einschnitte der Achse geschoben. Durch warm aufgezogene Ringe r werden die durch die Einschnitte entstandenen zwei oder vier Holzstumpfe h sodann an die Flügel angepresst.

C. Wellen.

Die Wellen fertigt man fast nur aus runden gewalzten Schmiedeisen- oder Stahlstäben (Flusseisen) an, und stellt deren Dicken d auf Grund ihrer Inanspruchnahme auf Verdrehung und Biegung fest. Hierzu benutzt man gewöhnlich den sog. Effektkoëffizienten:

$$\frac{N}{n} = \frac{\text{Pferdestärken}}{\text{Umdrehzahl}}$$

nach welchem untenstehende Tabelle berechnet ist.

$\frac{N}{n}$ =	0,007	0,012	0,020	0,030	0,044	0,062	0,085	0,115	0,151
d =	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5 *cm*
$\frac{N}{n}$ =	0,196	0,251	0,314	0,478	0,710	0,990	1,370	1,840	2,420
d =	8,0	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0 *cm*

In manchen Fällen, namentlich wenn kleine Kräfte mit grosser Geschwindigkeit übertragen werden sollen, eignen sich schmiedeiserne Gasröhren vorzüglich zu Wellen (Rohrwelle).

Für grössere Kräfte und lange Wellen sind die Drahtbündelwellen in Vorschlag gebracht, welche aus einem Rohre bestehen, die in mehreren Lagen schraubenförmig mit Draht umwunden sind. Die Drähte sollen dabei so liegen, dass sie auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen werden, während das Rohr die Steifigkeit der Welle sichert.

Durch Ineinanderschieben von Drahtspiralen, die links und rechts gewunden sind, erhält man die bei vielen Anlässen empfehlenswerte biegsame Welle, die zur Verbindung mit den drehenden Teilen an beiden Enden kurze massive Wellenstücke aufnimmt.

Massive Wellen erhalten ihre Zapfen durch Abdrehen vielfach mit Anwendung von Stellringen; Rohrwellen werden auf die in Fig. 39 S. 24 dargestellte Weise, mitunter auch durch Anschweissen, mit Zapfen verbunden.

D. Wellenverbindungen oder Kupplungen.

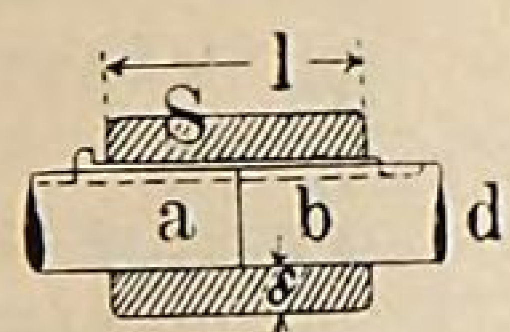
Da die Wellen aus einem Stücke selten eine grössere Länge als 8 *m* erhalten, so ist für längere Leitungen eine Verbindung mehrerer Wellen erforderlich. Diese Verbindungen sowohl als die dazu dienenden Teile führen den Namen Kupplungen. — In manchen Fällen ist die Einrichtung erwünscht, eine Welle von zwei Kraftmaschinen antreiben zu lassen, die in der Weise mit der Welle verbunden werden, dass bei Geschwindigkeitsschwankungen die schneller laufende Maschine die andere nicht mitbewegt, dass diese vielmehr so lange selbstthätig ausser Verbindung mit der Welle tritt, bis beide Maschinen gleichen Gang haben, worauf auch die Herstellung der Verbindung wieder erfolgt. Dieses Verbindungsmittel heisst Kraftmaschinenkupplung.

Bei Wellenkupplungen sind folgende Fälle und Anordnungen zu unterscheiden:

1. Die Wellenachsen fallen zusammen und sollen dauernd fest gekuppelt werden — Feste Kupplungen.
2. Die Wellenachsen fallen zusammen und sollen dauernd beweglich gekuppelt werden — Bewegliche Kupplungen.
3. Die Wellenachsen fallen nicht zusammen und sollen dauernd mit Gelenkbewegung gekuppelt werden — Gelenkkupplungen.
4. Die Wellenachsen fallen zusammen und sollen beliebig verbunden oder getrennt (ein- und ausgerückt) werden können — Rückkupplungen.

1. Feste Kupplungen.

Die einfachste Kupplung dieser Art besteht in einer guss- oder schmiedeisernen Hülse S (Muffe; Muffenkupplung) (Fig. 43), in welche die Wellenenden a und b eingeschoben und durch einen Längskeil k verbunden werden. — Diese einteilige Muffenkupplung setzt zum Aufbringen die Möglichkeit einer Verschiebung der Welle oder der Muffe in der Achsenrichtung und gleiche Wellendicken voraus, wodurch sie vielfach unbequem und unanwendbar wird. Eine zweckmässigere Ausführung zeigt Fig. 44. Die Muffe m ist an beiden Enden kegelig erweitert und dadurch zur Aufnahme zweier hohler und gespaltener Kegelstutzen c c geeignet gemacht, welche durch drei Schrauben s zusammengezogen die beiden Wellen a und b nicht nur verbinden, sondern zugleich zentrieren, auch in der Regel eines Keiles nicht bedürfen, da die Klemmung zum Festhalten ausreicht (Klemmkupplung).



$$\delta \, cm = 0{,}5 + \frac{d}{3} \text{ und } l = 8 \, \delta$$

Fig. 43.

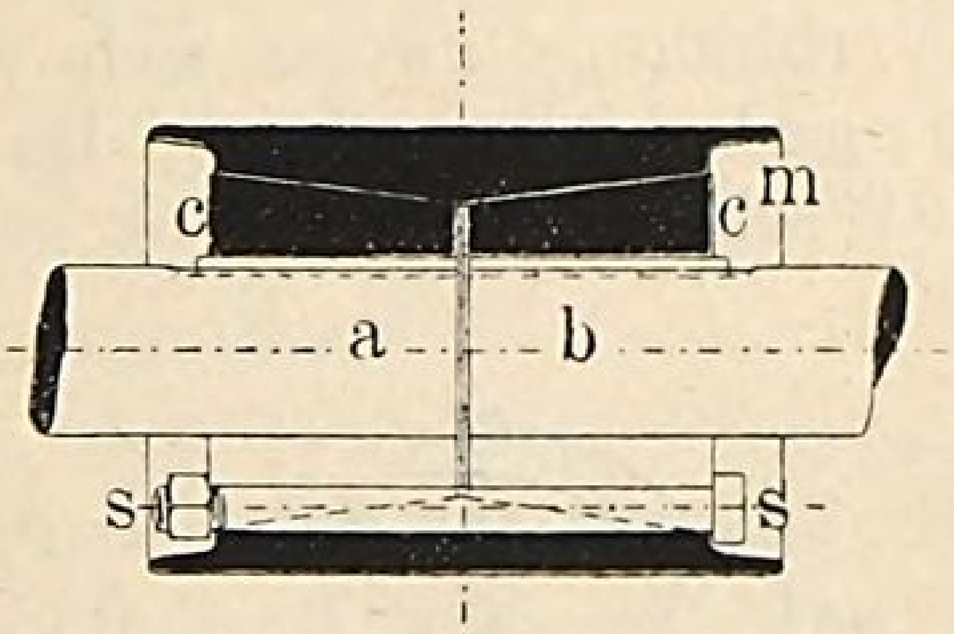


Fig. 44.

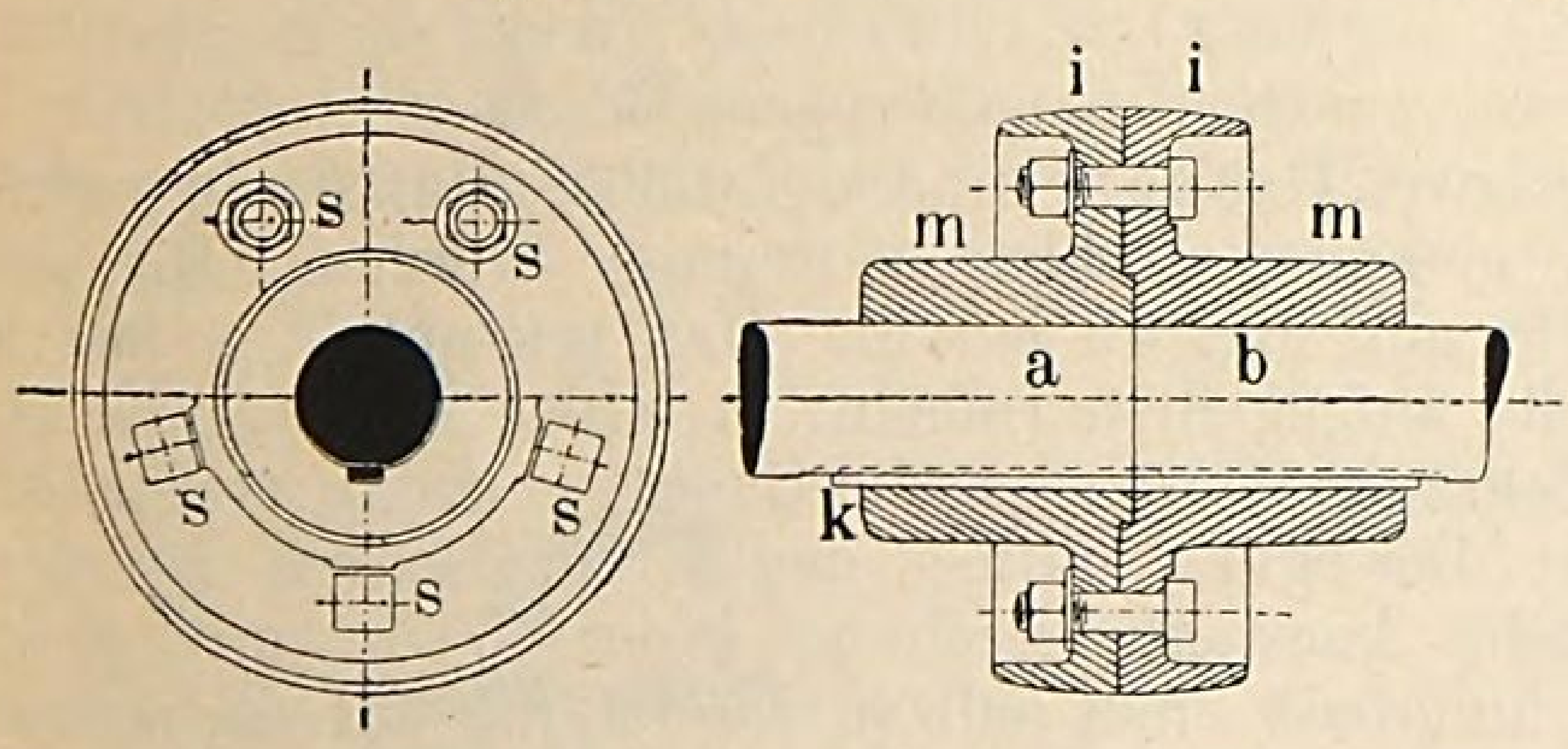


Fig. 45.

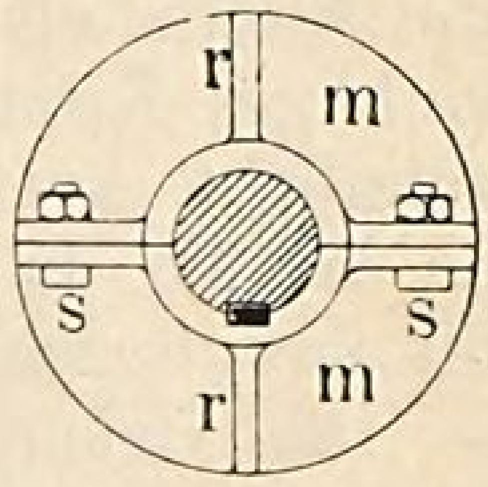


Fig. 46.

Noch bequemer sind die Scheibenkupplungen (Fig. 45) und die Schalenkupplungen (Fig. 46). Bei ersteren sitzt auf jedem Wellenende a, b eine halbe Muffe m mit einer runden Scheibe i und einem Keil k; beide Muffen werden mittels Schrauben s verbunden, welche durch die Scheiben gehen. — Die Schalenkupplung besteht aus den zwei in der Achsialebene zusammengelegten Schalen m m mit den Verstärkungsrippen r r, welche mit den zwei Schrauben ss und dem Keile k die Verbindung bilden.

2. Bewegliche Kupplungen.

Bei langen Wellenleitungen und wenn eine unwandelbare Lagerung der Wellen nicht gesichert erscheint, ordnet man die Kupplung in der Weise an, dass in achsialer und radialer Richtung kleinen Verschiebungen

Raum gegeben wird. Diesem Zwecke entspricht die Klauenkupplung (Fig. 47), die aus zwei auf den Wellenenden festgekeilten Muffen m, m besteht, welche zusammengeschoben mit je 3 Zähnen z und entsprechenden Vertiefungen in einander greifen. — Ferner gehört hierher die Mitnehmerkupplung, die sich von ersterer wesentlich nur dadurch unterscheidet, dass sich in einer der beiden Scheiben zwei diametral gegenüber liegende, den Achsen parallel gestellte Bolzen befinden, welche mit in Kugeln auslaufenden Enden in cylindrische Durchbohrungen der zweiten Scheibe eintreten.

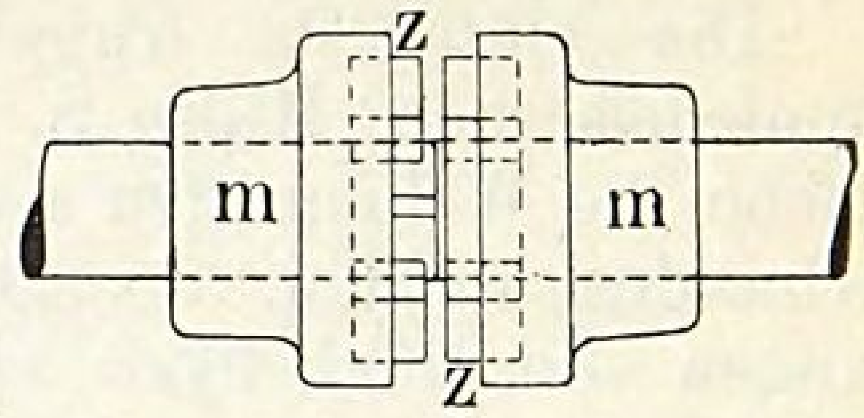


Fig. 47.

3. Gelenkkupplungen.

Zur Verbindung zweier sich schneidender Wellen a, b (Fig. 48) ist die Kreuzgelenkkupplung die am häufigsten angewendete. Sie heisst auch Hook'sches Gelenk, Hook'scher Schlüssel oder Universalgelenk

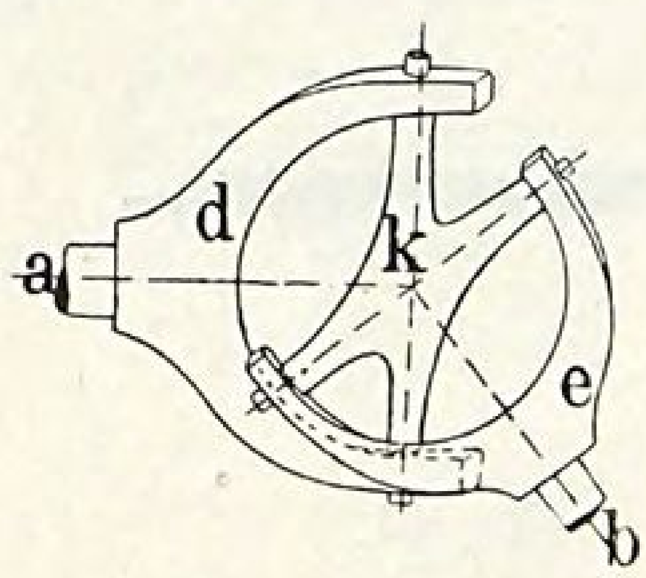


Fig. 48.

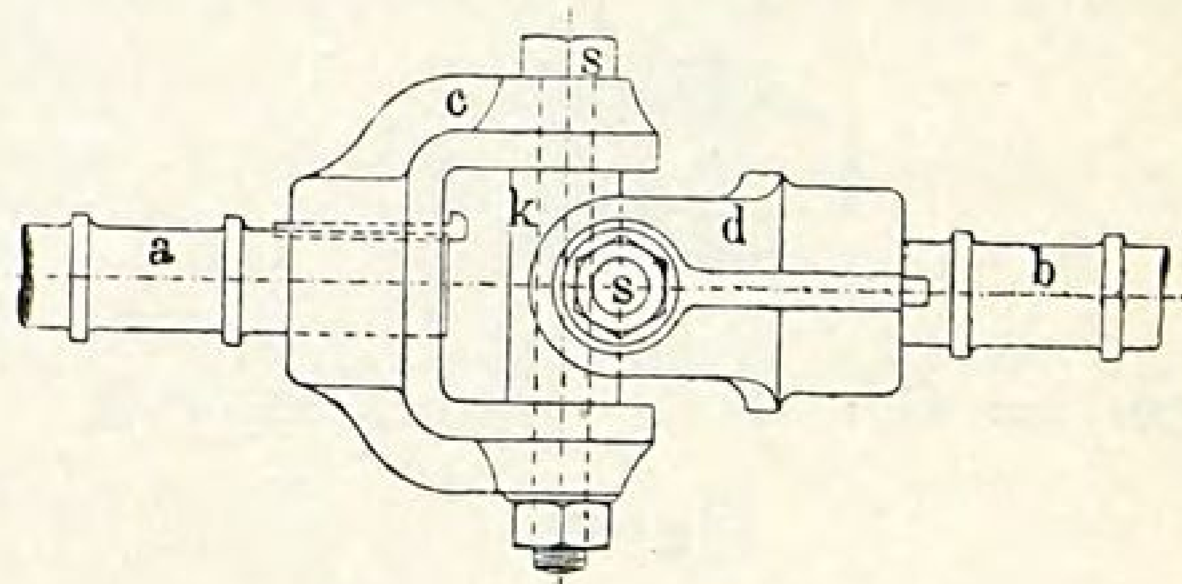


Fig. 49.

und besitzt als Grundlage zwei Gabeln d und e, welche durch ein rechtwinkliges Kreuz k gegen einander drehbar verbunden werden. Die gewöhnliche Ausführung geht aus Fig. 49 hervor. Man erkennt in a und b die Wellen, in c und d die aufgekeilten Gabeln, in k das Kreuz, welches mit zwei durchgehenden Schraubenbolzen s, s die Gabeln gelenkig verbindet. — Die Uebertragung der Bewegung mittels des Kreuzgelenkes ist eine ungleichmässige, indem die konstante Drehung einer Welle mit einer periodischen Schwankung innerhalb einer halben Umdrehung auf die andere Welle übergeht. Obwohl diese Schwankung bei geringer Wellenablenkung in der Regel so unbeträchtlich ist, dass sie nicht störend wird, so muss sie bei grösseren Ablenkungen doch bisweilen beseitigt werden. Dies erfolgt u. a. durch Anbringung zweier Gelenke (Fig. 50) mit einer kurzen Zwischenwelle o. Hierbei ist nur darauf zu achten, dass die Gelenke gleichliegen und die Wellen a und b gegen o dieselbe Ablenkung α erhalten. Diese doppelten Kreuzgelenke sind u. a. an den Wellen für die Zeiger der Grossuhren und schnell laufende Maschinen (Dreschmaschinen) notwendig.

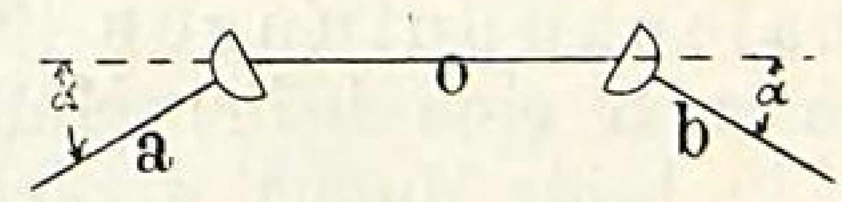


Fig. 50.

4. Rückkupplungen.

Fast bei allen grösseren Wellenleitungen erfordert der Betriebszweck, dass man jederzeit einzelne Wellen aus der Bewegung ausschliessen (aus-

schalten, ausrücken) kann, z. B. in dem Falle, wo die von der betreffenden Welle angetriebenen Maschinen längere Zeit still stehen sollen. Zu einer solchen beliebigen Aufhebung und Herstellung von Wellenverbindungen dienen lösbare Kupplungen mit Vorrichtungen zum Aus- und Einrücken und werden daher einfach Rückkupplungen genannt. Von den äusserst zahlreichen Anordnungen dieser Kupplungen zerfallen die wesentlichsten in Zahn- und Reibungskupplungen, welche die gebräuchlichsten sind. Eine Zahnkupplung ist anzusehen als eine Klauenkupplung (S. 28), wovon der eine Teil auf der zugehörenden Welle verschiebbar eingerichtet ist. Ausserdem laufen gewöhnlich (Fig. 51) die Zähne z z in schrägen Flächen z y aus, um das Einrücken zu erleichtern. In der Regel genügen zwei Zähne und zwar in der gezeichneten Stellung, weil die grösste Zahl der Wellen eine einseitige Drehung besitzt; bei zweiseitiger Drehung müssen die Zähne zwei Angriffsseiten bekommen, wie bei der Klauenkupplung.

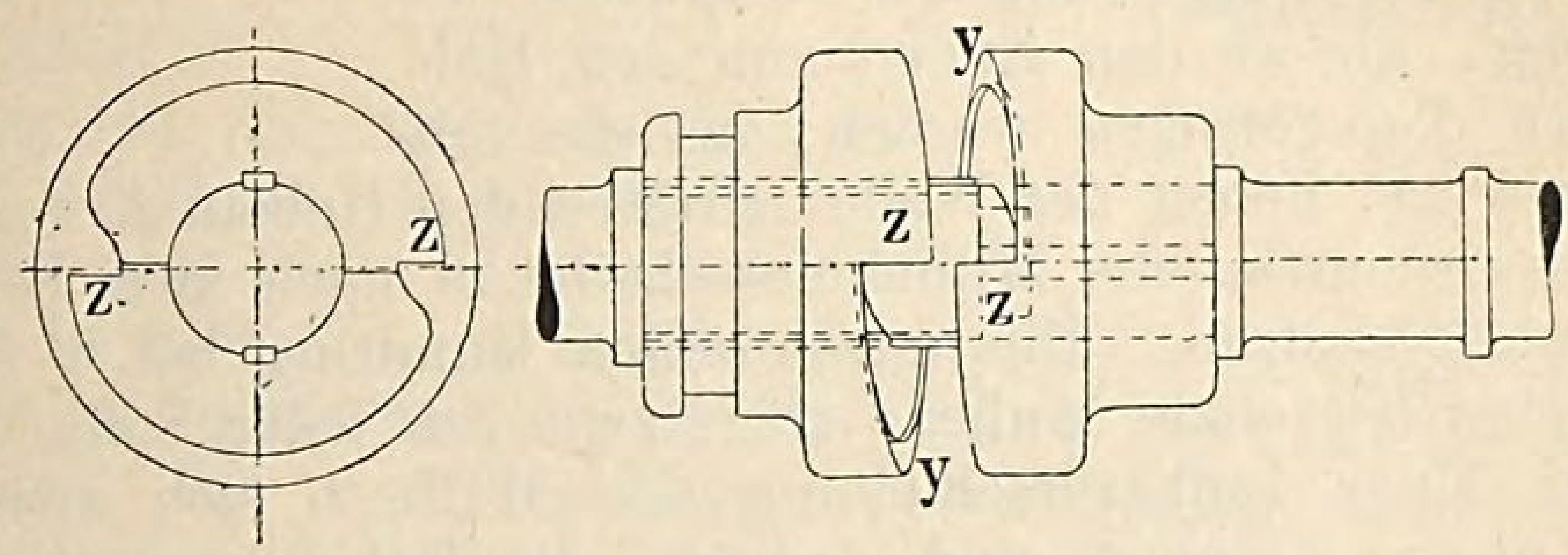


Fig. 51.

Besonders zweckmässig sind die Reibungskupplungen und zwar namentlich deshalb, weil sie das Aus- und Einrücken sehr schnell und ohne Stoss gestatten, sowie die Bewegung nach beiden Drehrichtungen vermitteln. Sie bestehen aus zwei Teilen, welche sich gegenseitig durch Reibung mitnehmen, die selten an ebenen, gewöhnlich an Kegel- oder Cylinderflächen durch entsprechende Pressung hervorgerufen wird. — Eine Kegelreibungskupplung zeigt Fig. 52. Der Kegel k sitzt auf der

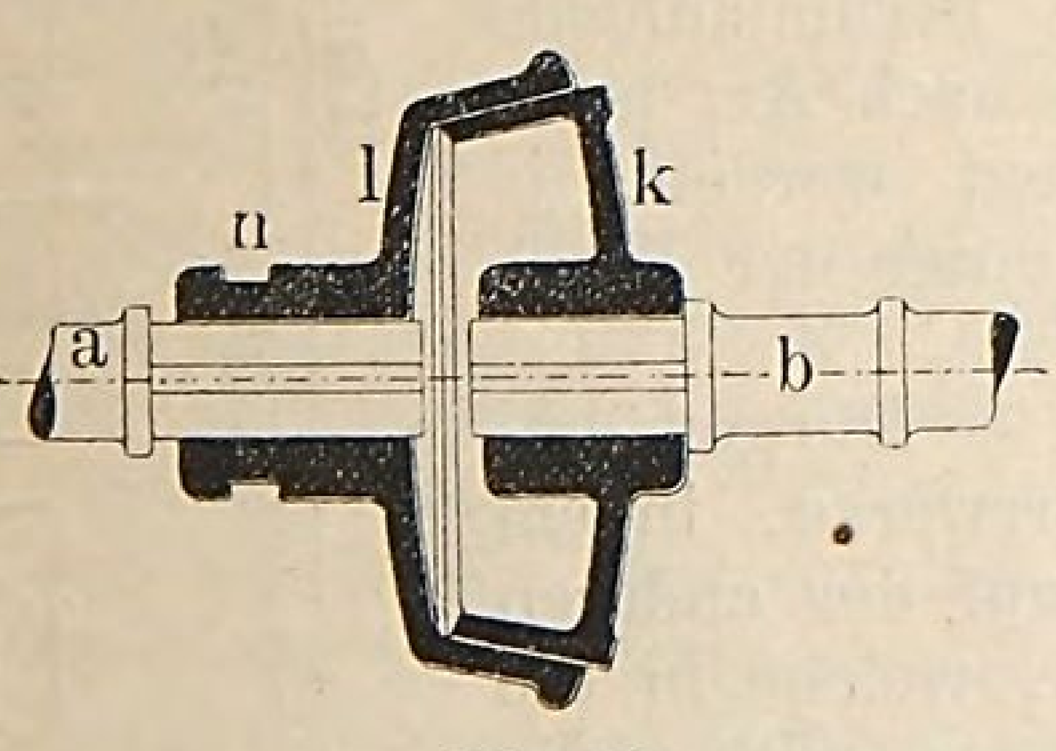


Fig. 52.

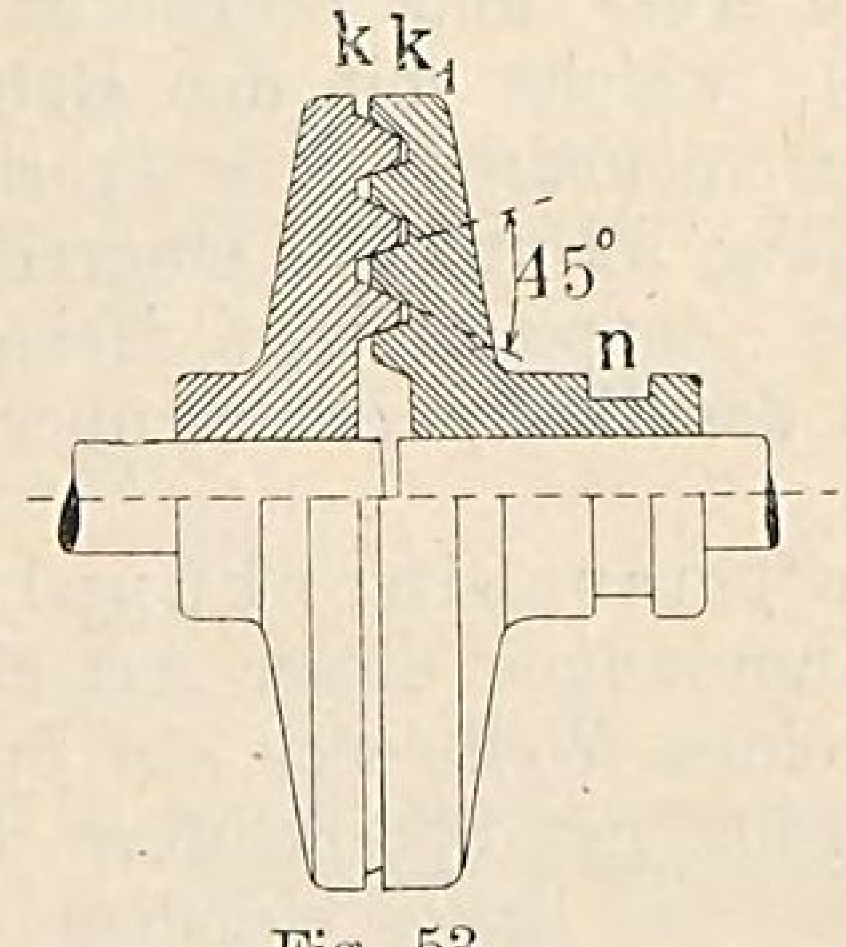


Fig. 53.

Welle b fest, der Hohlkegel l auf der Welle a achsial längs eines Keiles verschiebbar. — Durch Anordnung von ineinander greifenden Kegelreifen (Fig. 53), welche konzentrisch auf den Vorderflächen der Kupplungshälften k und k_1 verlaufen, entstehen die, auch für die Uebertragung grösserer Kräfte bei verhältnismässig kleinem Durchmesser höchst geeigneten Riffelscheibenkupplungen. — Bei einer Cylinderreibungskupplung wird die Mitnahme dadurch bewerkstelligt, dass ein auf einer Welle angebrachtes System von Segmenten gegen die innere Fläche eines

auf der zweiten Welle sitzenden cylindrischen Ringes gepresst wird. Unter den zahlreichen Ausführungen kann die in Fig. 54 gezeichnete als eine bewährte gelten. Auf der Welle a sitzt der cylindrische Ring r als Bremsscheibe, auf der Welle b die Muffe m, welche als Mitnehmerscheibe die zwei in Führungen radial bewegliche Segmente s s trägt, die an den Enden von den Haltern d, d getragen werden, welche mit zwei frei neben der Welle schwebenden Hebeln h verbunden sind, während ausserdem an der Mitnehmerscheibe m noch zwei Federn x (an jeder Seite eine) festsitzen. Die durch einen Bundring bei b in der Bewegung nach rechts begrenzte Muffe o trägt zwei (an jeder Seite einen) Keile n, welche bei einer Linksverschiebung der Muffe o sich zwischen die Rollen von h und x drängen und dadurch die Hebel h so bewegen, dass die Segmente s s gegen den Ring r gepresst werden, wobei die Federn x den Druck ausgleichen. Liegen die Rollen auf den parallelen Flächen der Keilstücke n, so ist die Kupplung dauernd eingerückt. Die Rechtsbewegung von o rückt dieselbe aus.

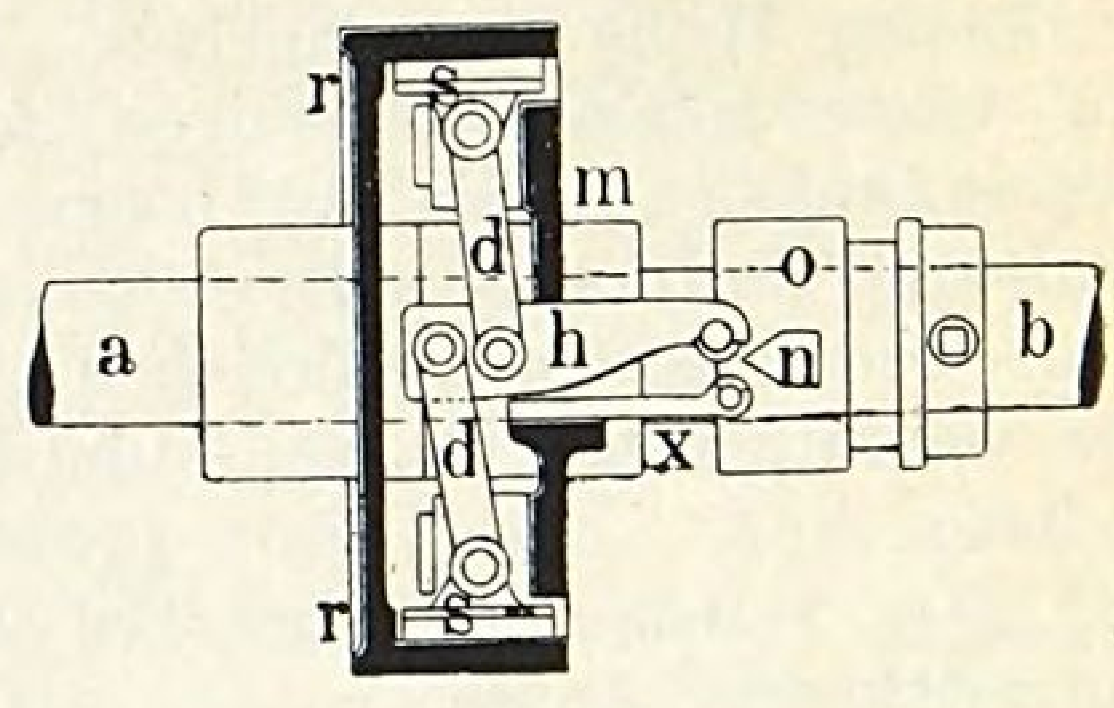


Fig. 54.

Die Reibungskupplungen haben noch den Vorteil, dass sie nach Maassgabe des Andruckes nur Drehmomente von bestimmter Grösse übertragen und infolgedessen bei einem plötzlich über diese Grenze vermehrten Widerstande der getriebenen Welle zu gleiten beginnen und diese Welle dadurch vor Bruch schützen. Sie finden aus dem Grunde auch als feste Kupplungen sehr oft Anwendung, z. B. bei Quetsch- und Mahlwalzwerken.

Zum Aus- und Einrücken dienen Rückgabeln (Fig. 55), welche mit den Gabelzinken g, g in die an dem verschiebbaren Teile vorhandene herumlaufende Nute n (Fig. 52 und 53) eingreifen und nach Art eines ein- oder doppelarmigen Hebels bewegt werden, je nachdem der Drehpunkt a über oder unter der Welle liegt. —

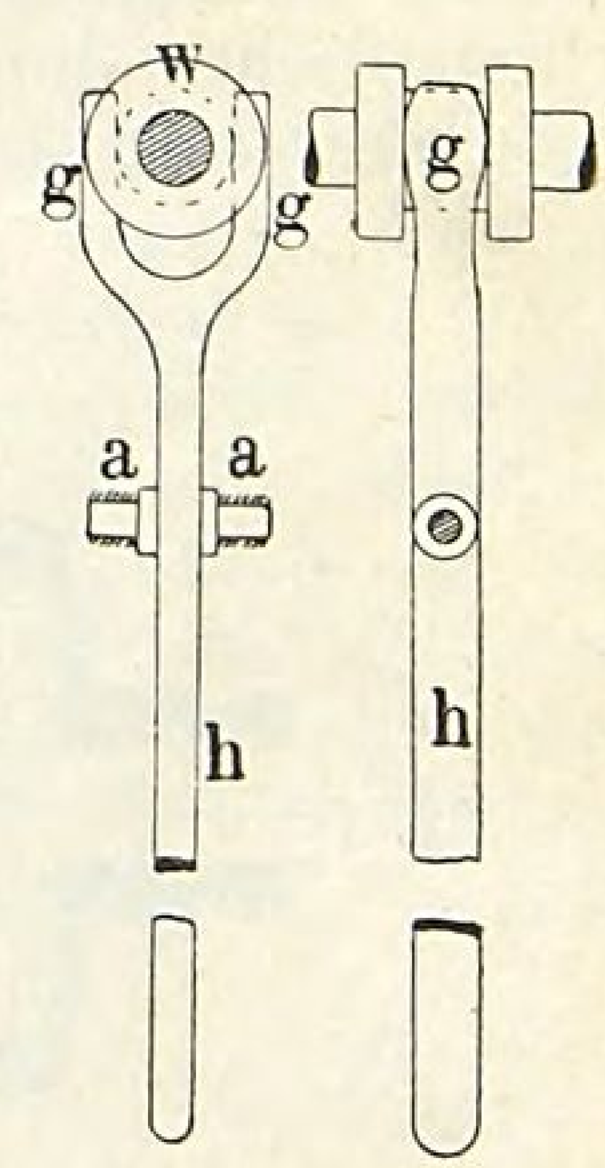


Fig. 55.

Kraftmaschinenkupplungen. — Die gewöhnlichen Kupplungen dieser Art sind Sperrwerke, indem auf der einen Welle sich ein Sperrad, auf der anderen eine Scheibe mit Sperrklinken befindet, welche in die Sperrzähne des Rades einfallen und dieses (mithin die Welle) nach einer Richtung mitnehmen, aber bei einer Geschwindigkeitszunahme einer der Wellen sofort ausgehoben werden. — Eine andere Kraftmaschinenkupplung besteht in einer von einer Kraftmaschine umgetriebenen Hülse, welche auf die von der zweiten Kraftmaschine bewegte Welle geschoben und mit dieser durch eine Rückkupplung verbunden wird.

Zweites Kapitel.

Kurbel, Krummachse, Exzenter, Schiebkurbel, Balancier.

Die Drehung eines Körpers A (Fig. 56) kann nur hervorgebracht werden, wenn auf denselben ein Kräftepaar oder Drehmoment M einwirkt, dessen Grösse durch die Kraft K und den senkrechten Abstand r (Hebelarm) der Kraftrichtung von der Drehachse x des Körpers nach der Gleichung

$$M = K\,r$$

bestimmt ist. Demnach ist eine Drehung ausgeschlossen, wenn die Kraft durch die Drehachse x gerichtet ist, weil für diesen Fall r = Null wird. Fällt in diesem Sinne der Hebelarm mit der Kraftrichtung zusammen, so nennt man diese Stellung II die Todpunktlage, die Punkte 2, II in welchen der mit dem Radius r beschriebene Kreis die Kraftrichtung der Todpunktlage schneidet, heissen Todpunkte. In den Lagen IV, 3 und IV 4 erfolgt Drehung.

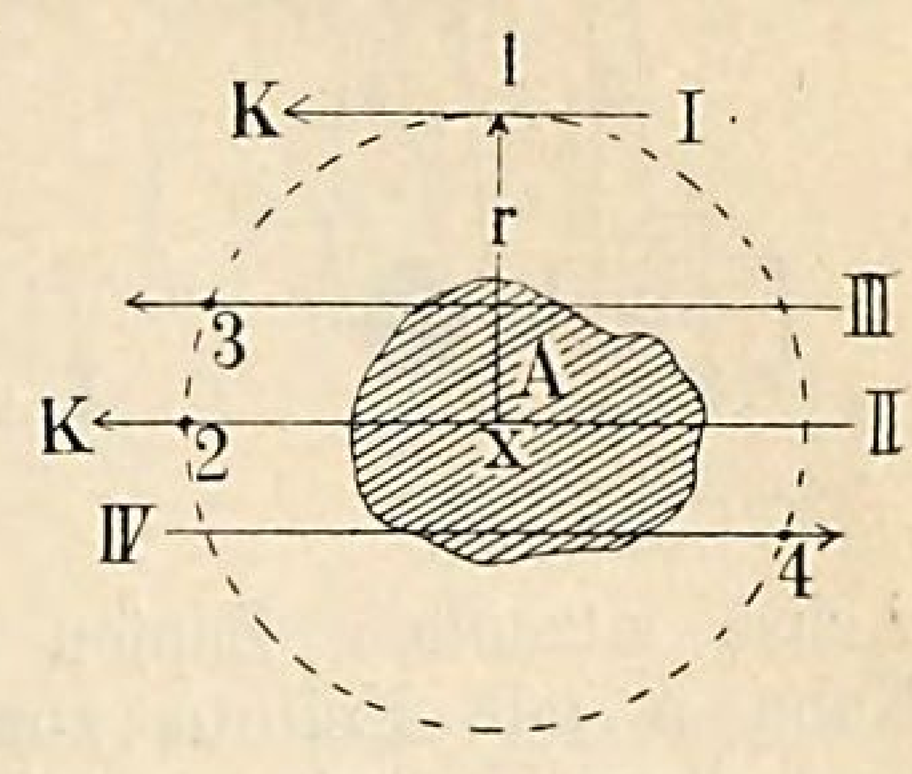


Fig. 56.

Die konstruktive Ausführung des Hebelarmes ist die Kurbel, welche entweder am Ende oder zwischen den Enden der Achse oder Welle angebracht werden kann und dementsprechend Stirnkurbel und Krummachse (Krummzapfen, gekröpfte Welle) genannt wird.

I. Kurbel.

Soll die Drehbewegung von Menschenhand erfolgen, z. B. an Winden, so muss die Kurbel mit Rücksicht auf eine bequeme Handhabung ausgebildet werden (Handkurbel). Dieselbe erhält demgemäss die Form Fig. 57, eine Armlänge

$r = 36$ bis 40 *cm*

einen Griff von der Länge

$l = 30$ *cm* für 1 Arbeiter und

$l = 50$ *cm* für 2 Arbeiter.

Die Nabe n enthält ein quadratisches oder rundes Loch zum Aufstecken auf einen viereckigen oder runden Absatz der Welle, und in letzterem Falle eine Keilbefestigung. Damit sich die Hände nicht an dem Griffe reiben, wird auf den letzteren eine hölzerne Hülse g oder ein eisernes Rohr geschoben. Oft wird übrigens die Handkurbel aus einem Stücke geschmiedet und der Griff durch Abbiegen gewonnen; in anderen Fällen dient sehr vorteilhaft der Arm a eines Rades R (Fig. 58) zur Aufnahme des Griffes. Mitunter erhält die Kurbel radial über die Nabe hinaus noch eine Verlängerung als zweiten Hebelarm mit einem als Fortsetzung angebrachten Handgriff. Eine in der Regel nur zu einer Bogenbewegung bestimmte Kurbel heisst einfach Hebel (z. B. Steuerhebel an Dampfmaschinen).

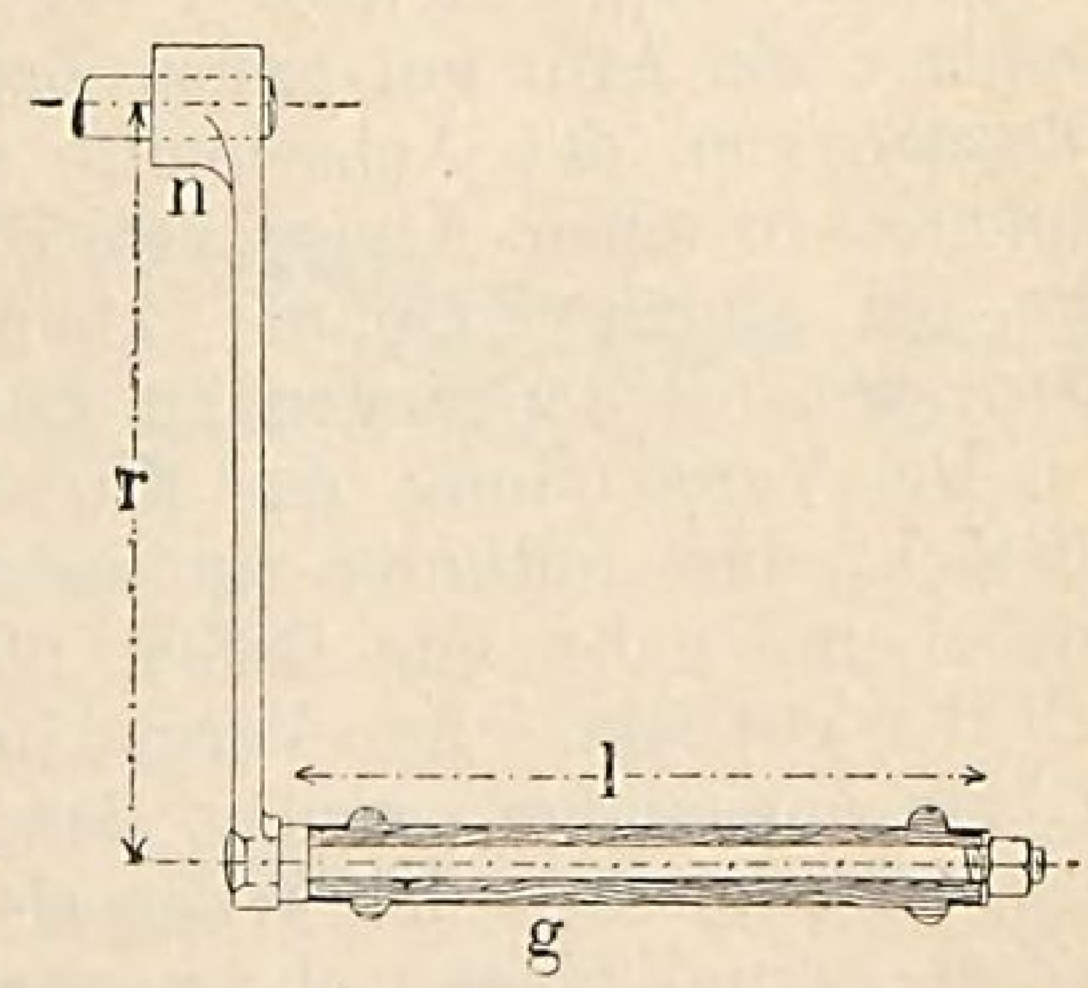


Fig. 57.

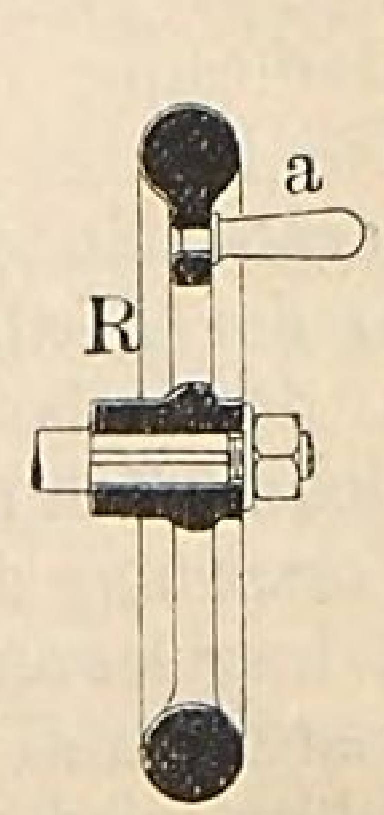


Fig. 58.

Für die Aufnahme von Elementarkraft (z. B. einer Dampfmaschine) erhalten Stirnkurbeln einen seitwärts parallel zu der

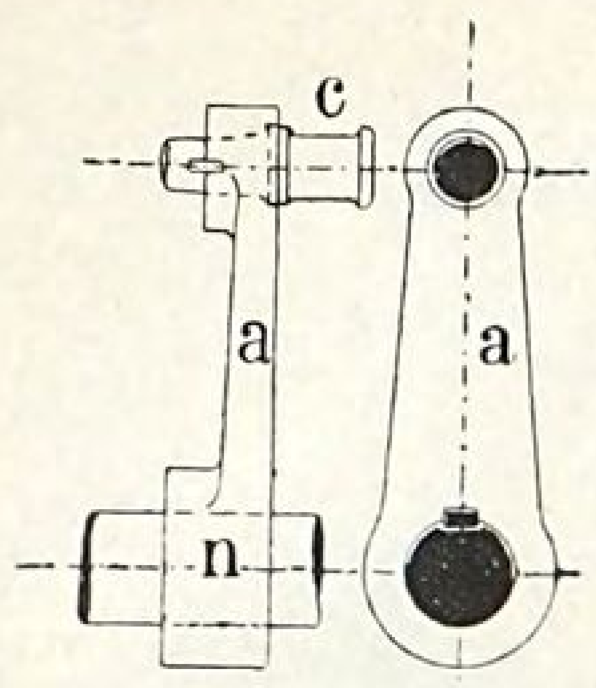


Fig. 59.

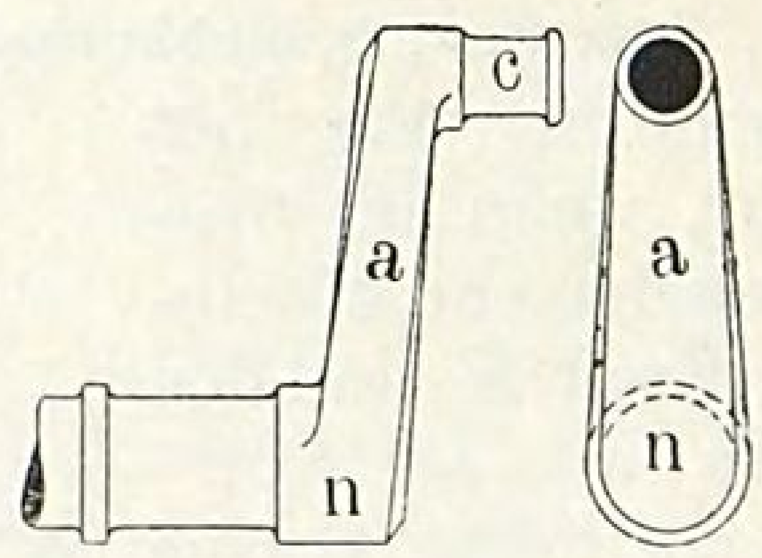


Fig. 60.

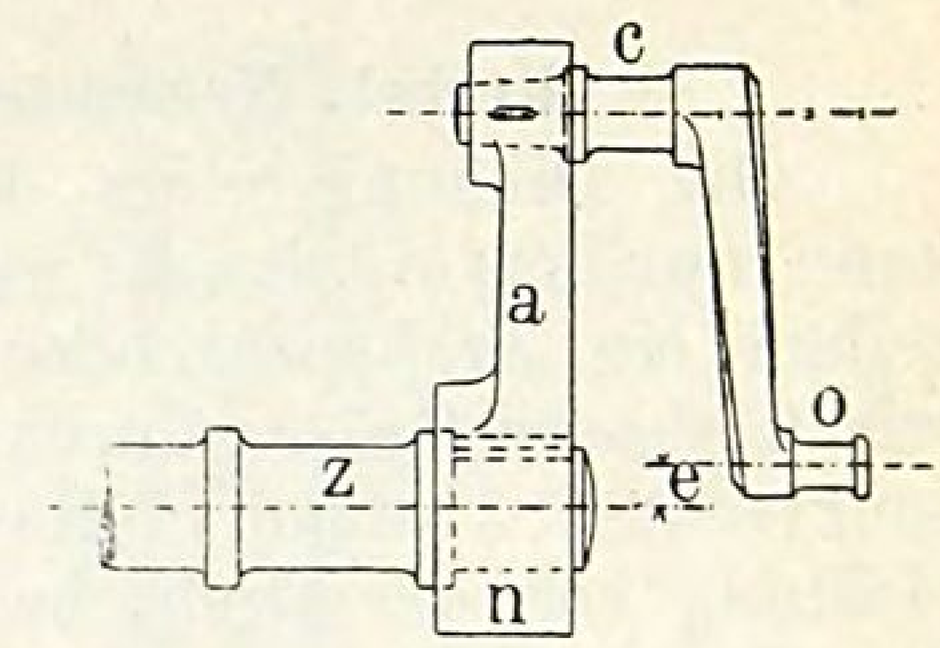


Fig. 61.

Achse sitzenden Zapfen c (Fig. 59, 60) (Kurbelzapfen) und eine Nabe n mit Keilnut zur Befestigung auf dem Wellenende. Entweder sind diese Kurbeln aus einem Stücke geschmiedet (Fig. 60) oder es ist der Kurbelkörper (Nabe n und Arm a) aus Gusseisen oder Schmiedeisen angefertigt und zur Aufnahme eines Zapfens aus Schmiedeisen oder Stahl mit einem kegelförmigen Loche versehen. Die Befestigung des Zapfens erfolgt durch einen Querkeil, durch eine Schraube oder durch Schrumpfung (S. 10) vermittels eines an dem Zapfen sitzenden Kegelstumpfes wie Fig. 59 erkennen lässt. Zur Vermeidung einer einseitig wirkenden Zentrifugalkraft benutzt man mitunter statt des Kurbelarmes eine mit der Mitte auf der Welle befestigte runde Scheibe zur Aufnahme des Kurbelzapfens. Diese Anordnung findet u. A. Anwendung an den Lokomotivrädern, bei welchen der Kurbelzapfen zur Aufnahme der Triebkraft in der vergrösserten Radnabe angebracht ist. Wenn es sich darum handelt, den Abstand des Zapfens vom Achsendrehpunkt veränderlich zu machen, so versieht man den Kurbelarm oder die Kurbelscheibe mit einem radialen Schlitz, in welchem man den Kurbelzapfen mit Hilfe eines Gleitstückes beliebig verstellen und befestigen kann. (Schlitzkurbel).

Unter Gegenkurbel (Fig. 61) versteht man eine Kurbel an deren Zapfen c ein Arm mit einem Zapfen o sitzt, dessen Achse um eine gewisse Grösse e von der Achsenmitte z absteht. Infolge dessen dreht sich der Zapfen o in einem Kreise vom Durchmesser 2 e und wird dadurch befähigt, wie bei einem Exzenter kleine Drehbewegungen an Stangen etc. zu übertragen (Steuerstangen an Dampfmaschinen u. dergl.)

Die Verwendung der Kurbel insbesondere der Handkurbel bringt es mit sich, dass mitunter ein unfreiwilliges Zurück- oder Weiterdrehen der Kurbel und dabei eine Gefahr für den in der Nähe der Kurbel beschäftigten Arbeiter entsteht. Zur Vermeidung dieser Gefahr sind die sog. Sicherheitskurbeln entstanden, welche derart angebracht sind, dass sie beim Weiter- oder Zurückdrehen der Welle sich auslösen oder dass der Kurbelgriff sich niederlegt und nicht mehr vorsteht. Eine Anordnung erster Art zur Verhinderung des Weiterdrehens (z. B. bei Handzentrifugen) zeigt Fig. 62. Die Kurbel A sitzt mit der Nabe N zwischen Stellringen gegen seitliches Verschieben verhindert, auf der Welle. In der Pfeilrichtung gedreht, nimmt sie vermittels eines in der Nabe angebrachten Zahnes o die Welle mit, indem dieser Zahn durch eine u förmige Feder gegen einen Vorsprung an der Welle gedrückt wird. Wird die Kurbel A losgelassen, so dreht sich die Welle ohne letztere weiter, weil der Zahn o bei der beibehaltenen Drehrichtung der Welle ausgelöst wird und über die Welle weggleitet.

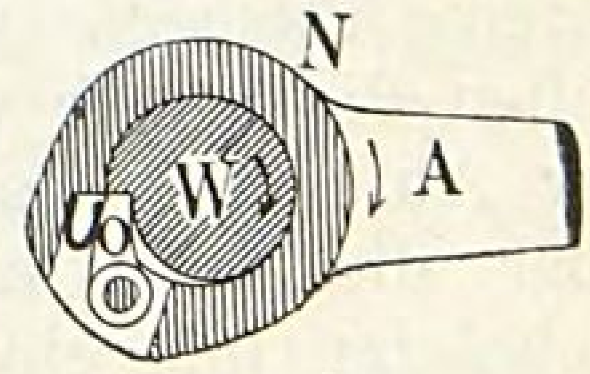


Fig. 62.

II. *Krummachse.*

Liegt die Aufgabe vor, zwei mit den Enden nahe zusammenrückende Wellen von einer Kraftquelle aus zu drehen, so bringt man an jedem Wellenende (Fig. 63) einen Kurbelarm a und zwischen den Kurbelarmen einen gemeinschaftlichen Zapfen c an. Dadurch entsteht die Krummachse, Kurbelachse oder gekröpfte Welle, welche immer Anwendung findet, wenn sich die Achsenbewegung nach beiden Seiten der Angriffsstelle fortpflanzen soll (z. B Radachse auf Dampfschiffen). Die Krummachse wird stets aus Schmiedeisen oder Stahl hergestellt und zwar am häufigsten aus einem Stücke durch Biegen oder Kröpfen der Welle, mitunter durch Ausschneiden der Kröpfung aus einem Eisenblocke mit dem die Achse ein Stück bildet, selten aus zwei aufgekeilten Kurbeln mit Kurbelzapfen nach Art der Kurbel Fig. 60.

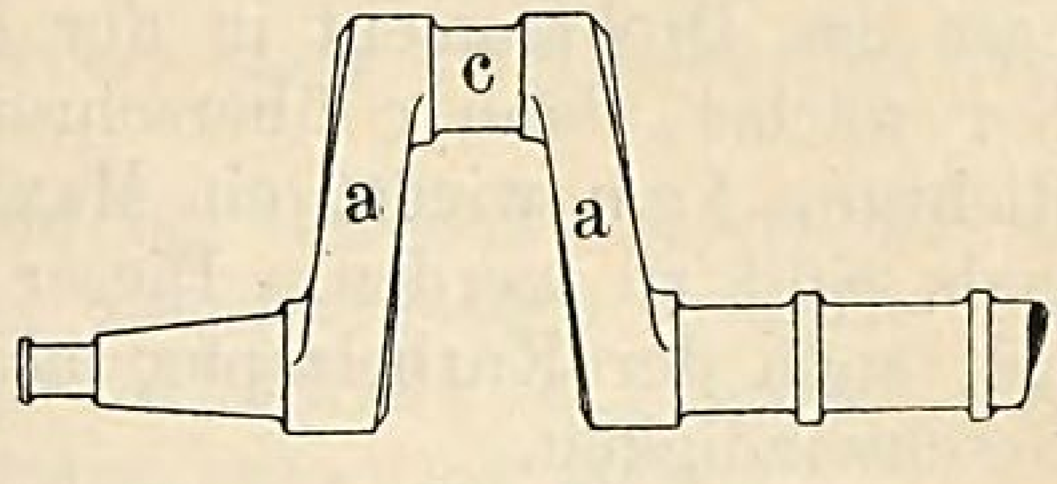


Fig. 63.

Die Natur des Antriebes macht bei einer erheblichen Zahl von Ausführungen die Anbringung von zwei oder mehreren Kröpfungen an einer Kurbelachse notwendig, welche nicht in einer Ebene liegen, sondern um 90°, 120°, 180° gegeneinander versetzt sind, wonach einfache und mehrfache Kurbelachsen unterschieden werden.

III. *Schubstangen.*

Der Kreis, in welchem sich die Kurbel bewegt, wird der Kurbelkreis genannt. Wirkt nun (Fig. 64) eine Kraft K auf eine in dem

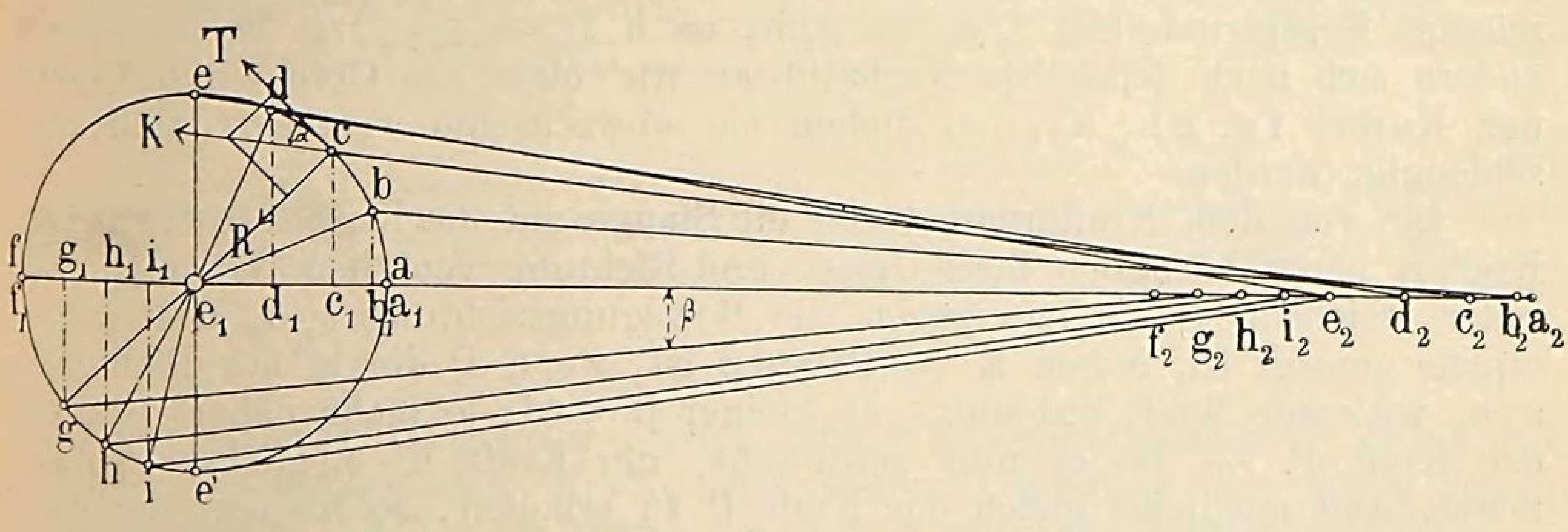


Fig. 64.

Kurbelkreise vom Radius $c\,e_1 = r$ sich drehende Kurbel bei irgend einer Stellung z. B. c in der gezeichneten Richtung ein, so ist K in zwei Seitenkräfte T und R zerlegbar und zwar in:

$$T = K \cos \alpha \text{ und } R = K \sin \alpha.$$

Davon wird R von dem Wellenzapfen aufgenommen und auf Reibung verwendet, während T als Umfangskraft mit dem Radius r das Drehmoment

$$Tr = r\,K \cos \alpha$$

bildet. Beide Kräfte sind demnach, wenn K gleich bliebe, nur von dem Winkel α abhängig und zwar

für $\alpha = o$ wird $T = K$ und $R = o$,
für $\alpha = 90^0$ wird $T = o$ und $R = K$.

Fällt daher die Kraftrichtung mit dem Radius a e_1 und f e_1 zusammen, so kann ebenso wenig eine Drehung erfolgen, als wenn der Momentenarm gleich Null ist (Todpunkt). Das grösste Drehmoment dahingegen tritt ein, wenn die Kraftrichtung rechtwinklig zum Radius steht. Es folgt daraus, dass das Drehmoment in der Richtung a b c von Null bis zum Maximum K r wächst, dann c überschreitend wieder bei f Null wird, darauf in der Richtung f g h wieder ein Maximum erreicht, um in a zurückgekehrt abermals Null zu werden. Dieser Kraft-Zu- und Abnahme entsprechend erhält auch der Kurbelzapfen abwechselnd eine beschleunigte und verzögerte Geschwindigkeit.

Abgesehen von der Handkurbel erfolgt die Uebertragung der Kraft K auf den Kurbelzapfen fast ausschliesslich von einem in der Linie a_2 a_1 sich geradlinig bewegenden Kraftorgan (z. B. Dampfmaschinenkolbenstange) mittels einer beide Teile verbindenden steifen Stange. Soll sich nun der Kurbelzapfen mit gleichbleibender Geschwindigkeit bewegen, also während gleicher Zeiten der Punkt a gleiche Wege a b, b c, c d, d e etc. zurücklegen, so kann die Bewegung des Kraftorgans keine gleichmässige sein, weil

dem	Bogenstück	a b	die	Verschiebung	a_2 b_2
"	"	b c	"	"	b_2 c_2
"	"	c d	"	"	c_2 d_2
"	"	d e	"	"	d_2 e_2

entspricht. Bei der gleichmässigen Kurbelbewegung von e nach f wiederholt sich die Verschiebung in umgekehrter Reihenfolge u. s. f., so dass das Kraftorgan während einer Kurbeldrehung im ersten und dritten Quadranten eine beschleunigte, im zweiten und vierten Quadranten eine verzögerte Geschwindigkeit erhält.

Liegt dem gegenüber die Absicht vor, dem Kraftorgan die gleichmässige Geschwindigkeit $f_2 g_2 = g_2 h_2 = h_2 i_2 = i_2 e_2$ zu belassen, so ändern sich nach demselben Verhältnisse wie oben die Geschwindigkeiten der Kurbel f g, g h, h i, i e, indem sie abwechselnd verzögert und beschleunigt werden.

Die von dem Kraftorgan durch die Stange auf die Kurbel übertragene Kraft K hängt bezüglich ihrer Grösse und Richtung von dem Winkel β ab, unter welchem die Stange gegen die Bewegungsrichtung a_1 a_2 des Kraftorgans geneigt ist, indem $K = P \cos \beta$ ist, wenn P die in der Richtung a_2 a_1 wirkende Kraft bedeutet. Je kleiner β wird, je mehr nähert sich K der Kraft P. — Ist es nun erwünscht, die Kraft K möglichst gleichmässig und möglichst gleich der Kraft P zu erhalten, so braucht nur der Winkel β möglichst klein gewonnen zu werden. Da dies bei unverändertem Kurbelkreis durch einen grossen Abstand zwischen a und a_2 zu erreichen ist, so folgt daraus, dass die zu übertragende Kraft K um so gleichmässiger ausfällt, je länger die Verbindungsstange gemacht wird. — Der Winkel β wird gleich Null, wenn diese Stange in allen Lagen der Linie a a_2 parallel bleibt oder unendlich lang wird. Dieser Fall tritt z. B. ein, wenn zwei oder mehrere Kurbeln von vollkommen gleichen Radien mit einer Stange verbunden werden, so dass bei der Drehung einer Kurbel die anderen sich mitdrehen (gekuppelte Kurbeln; Kuppelstange). Zur Beseitigung der Todpunktlage, in welcher eine Drehung unmöglich ist, wenn dieselbe nicht mit Hilfe besonderer Anordnungen (Schwungräder) überwunden wird, eignet sich besonders ein System von zwei Kurbeln, die

gegen einander um 90° verstellt sind, weil dann in dem Augenblicke, in welchem die eine Kurbel in der Todpunktlage steht, die andere die günstigste Stellung zur Kraftrichtung einnimmt. Naturgemäss findet bei dieser Anordnung ein weitgehender Ausgleich zwischen den zwei zusammenwirkenden Drehmomenten statt, so dass auf solche Weise auch die Gleichmässigkeit bedeutend erhöht wird.

Diejenigen Stangen, welche die Verbindung des Kraftorgans mit der Kurbel vermitteln, werden infolge des Hin- und Herganges Schub- oder Zugstange, auch wegen der Lenkung Lenkstange, sowie auch Kurbelstange, Pleuelstange und Kuppelstange genannt.

Zur Verbindung mit dem Kurbelzapfen einerseits und mit dem Kraftzapfen andererseits sind die Schubstangen (Fig. 65 und 66) mit lagerartig

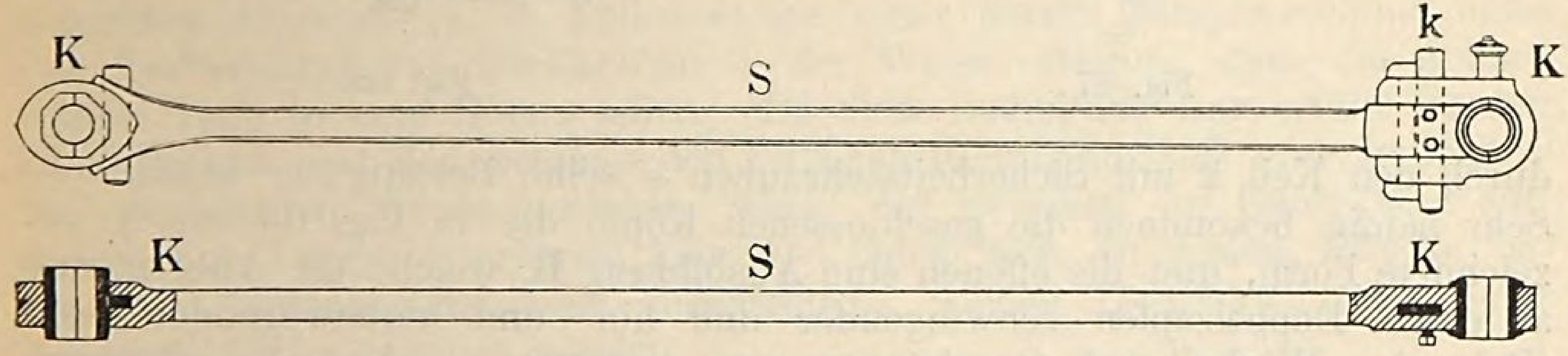


Fig. 65.

ausgebildeten Enden versehen, welche Köpfe (Schubstangenköpfe) genannt werden. — Nur in den Fällen, in welchen das Kraftorgan (z. B.

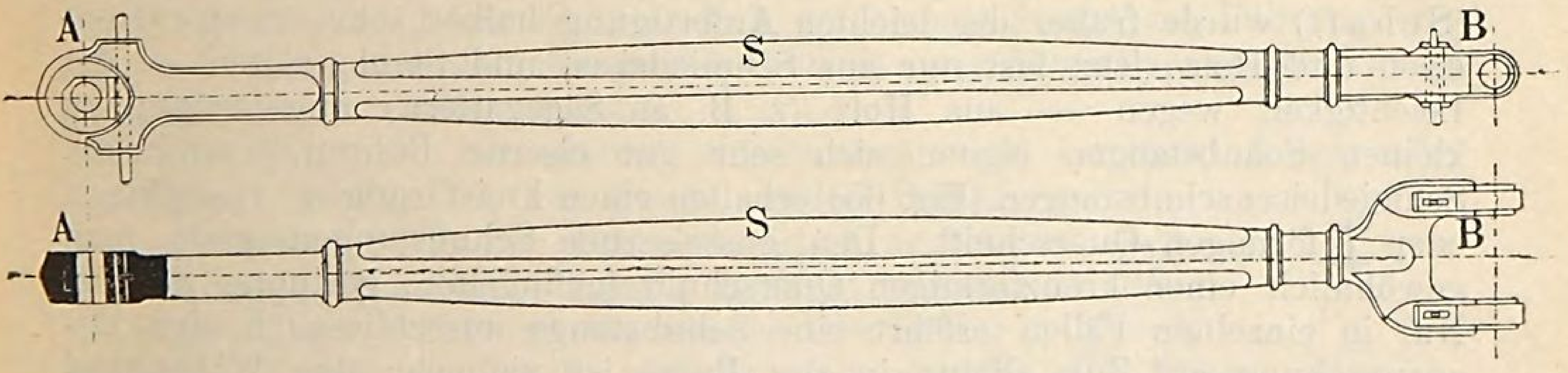


Fig. 66.

Kolben einer schwingenden Dampf- oder Wassersäulenmaschine) selbst mitschwingt, erfolgt eine direkte und steife Verbindung des einen Schubstangenendes mit diesem Organ, und fällt selbstverständlich ein Kopf der Schubstange fort; bei geradlinigen Hinundherbewegungen des Kraftorgans z. B. Kolbens einer feststehenden Dampfmaschine muss die Verbindung mit demselben gelenkig sein, so dass Schubstangen mit zwei Köpfen K, K, (Fig. 65) und A, B (Fig. 66) die Regel bilden.

Bezüglich der Konstruktion der Köpfe unterscheidet man offene oder geschlossene. Bei offenen Köpfen wird (Fig. 67) das Lagerfutter f gewöhnlich durch einen rund gebogenen Bügel b festgehalten, der vermittels eines Keiles k und Zulagen angetrieben wird. — Nach einer anderen Anordnung besteht der Kopf aus einer Gabel zur Aufnahme der Lagerschalen, die durch einen ganz am Stangenende sitzenden Keil festgelegt werden.

Bei geschlossenen Köpfen ist (Fig. 65) das Ende zu einem Auge ausgebildet, in welchem das seitwärts eingesetzte Lagerfutter durch einen Nach-

stellkeil befestigt wird. Fig. 68 stellt einen geschlossenen Schubstangenkopf dar, bei dem das Lagerfutter f in einem viereckigen Auge a a liegt und

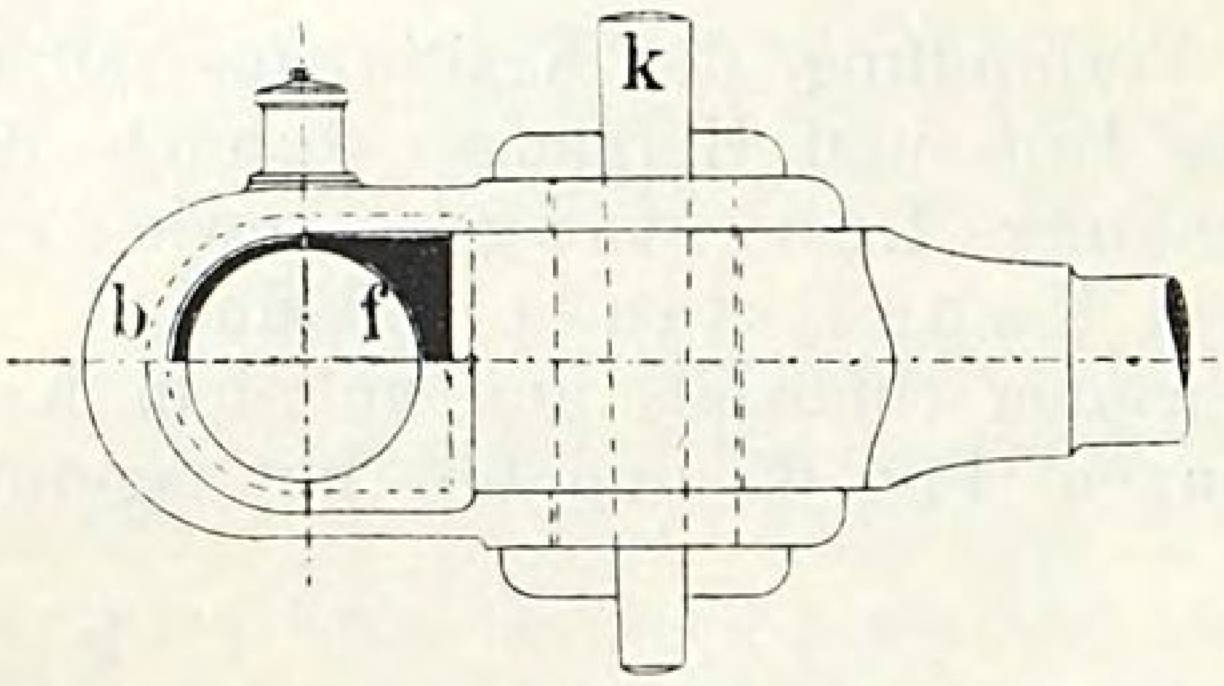


Fig. 67.

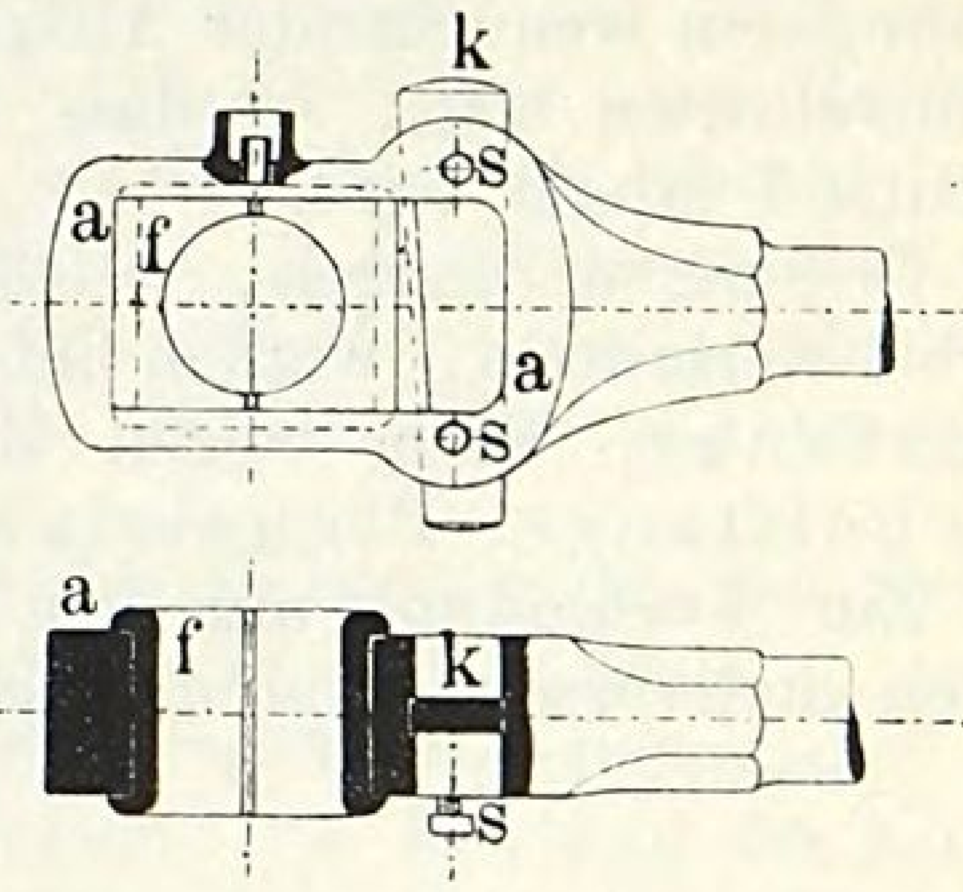


Fig. 68.

durch den Keil k mit Sicherheitsschrauben s seine Befestigung erhält. — Sehr häufig bekommen die geschlossenen Köpfe die in Fig. 66 bei A gezeichnete Form, und die offenen eine Ausbildung B, welche die Anbringung an einem Doppelzapfen schwingender und hin- und herbewegender Teile (Balanzier, Winkelhebel, Querhäupter etc.) gestattet. — An sehr schweren Schubstangen geht die Konstruktion der Köpfe vollständig in die eines Lagers mit Deckel über, nur mit dem Unterschiede, dass der Lagerkörper einen Teil der Stange ausmacht.

Der die Köpfe aufnehmende Teil S (Fig. 65 und 66) der Schubstange (Schaft) wurde früher der leichten Anfertigung halber sehr oft aus Gusseisen und Holz, jetzt fast nur aus Schmiedeisen und Stahl, selten — der Leichtigkeit wegen — aus Holz (z. B. an Sägegattern) angefertigt; zu kleinen Schubstangen eignen sich sehr gut eiserne Röhren (Gasröhren). Schmiedeisenschubstangen (Fig. 65) erhalten einen kreisförmigen, viereckigen oder I förmigen Querschnitt. Den gusseisernen Schubstangen giebt man gewöhnlich einen kreuzförmigen Querschnitt (geflügelter, gerippter Schaft). Nur in einzelnen Fällen erfährt eine Schubstange ausschliesslich eine Beanspruchung auf Zug allein; in der Regel ist vielmehr der Widerstand wechselnd auf Zug und Druck mit plötzlicher Umkehr anzunehmen und wegen der verhältnismässig bedeutenden Länge gegenüber der Dicke die Knickung zu berücksichtigen, sowie insbesondere bei sehr schnell laufenden das Schleudern (Schlenkern, Schlagen, Peitschen) in Rechnung zu bringen. Darnach ergiebt sich als gewöhnliche Langform des Schaftes ein nach beiden Enden verjüngtes Profil. Wenn an runden Schubstangen D der grösste Durchmesser ist, der gewöhnlich in der Mitte liegt, so macht man die Enddurchmesser $D_1 = 0,7$ D, und führt diese allmählich in die Form der Köpfe über. Wegen der stärksten Biegung der Schubstange an dem Kurbelzapfen wird bei manchen Schäften eine Verstärkung in der Richtung nach dem Kurbelzapfenkopf beliebt.

Die Länge L des Schaftes, von Zapfen- zu Zapfenmitte gemessen, soll möglichst gross sein, um eine günstige Kraftübertragung zu erreichen; sie ist mindestens gleich dem 4 bis 5fachen des Kurbelhalbmessers r, oft gleich dem 6 bis 8fachen. Hat man den Kurbelzapfendurchmesser D bestimmt, so ergiebt sich als grösster Durchmesser D des runden Schaftes:

$$D\,cm = 0{,}22\ d\sqrt{\frac{L}{d}}$$ für Schmiedeisen und Stahl.

Danach wird:

für $\frac{L}{d} = 10$	12	16	18	20	24	28	32	36	40
$\frac{D}{d} = 0{,}7$	0,76	0,88	0,93	0,98	1,08	1,16	1,24	1,32	1,39

IV. Kreuzköpfe mit ihren Führungen.

Die gelenkige Verbindung der Schubstange mit dem hin- und hergehenden Element (z. B. Kolbenstange einer festen Dampfmaschine) muss zur Vermeidung von Drehkräften in der Weise erfolgen, dass die Achsen beider Teile in eine Ebene fallen. Da diese Bedingung nur erfüllt werden kann, wenn eins der verbindenden Teile gabelförmig ausläuft und der andere Teil mit einem Kopfe versehen wird, der zwischen der Gabel eine entsprechende Lagerung erhalten kann, so haben sich zu diesem Zwecke besondere Zapfenverbindungen ausgebildet, welche Querhäupter oder Kreuzköpfe genannt werden.

A. Kreuzköpfe.

Man unterscheidet freigehende und gestützte oder geführte Kreuzköpfe, je nachdem die hin- und hergehende Stange zur Führung ausreichend erachtet wird, oder mittels Gelenke oder fester Bahnen die Zwangläufigkeit erzielt werden muss.

Ein einfacher, bei kleinen Ausführungen viel benutzter freigehender Kreuzkopf ist (Fig. 69) aus einem runden Bolzen a b gebildet, der, in der Mitte cylindrisch an beiden Enden gleichgerichtet kegelig gestaltet, durch die genau diese Form umschliessenden drei Löcher der Stangenköpfe A und B gesteckt und mittels Unterlagscheibe nebst Splint, Keil oder Schraube am Herausfallen verhindert wird (Gabelzapfen). Für grössere Ausführungen besteht der freigehende Kreuzkopf (Fig. 70) aus einem prismatischen, gewöhnlich würfelförmigen Zwischenstück a (Nuss) mit einer kegelförmigen Durchbohrung zur Aufnahme der Stange B und einen Doppelzapfen z z zum Einlagern in die Gabel der Stange A. Befinden sich zwischen den Zapfen z und der Nuss noch Schenkel, wie bei einer Achse (Fig. 37 S. 24) so nennt man den Kreuzkopf Traverse.

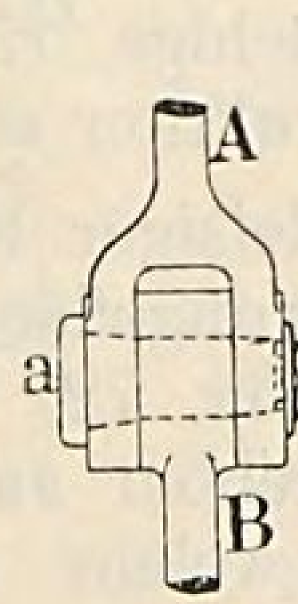


Fig. 69.

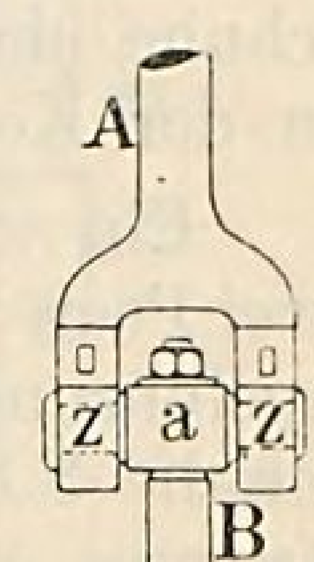


Fig. 70.

Die geführten Kreuzköpfe erhalten ihre Geradführungen entweder durch feste Bahnen (Gleise), welche gewisse am Kreuzkopf sitzende Teile umschliessen (Gleisführungen) oder durch schwingende Stangen (Gelenkstangen; Lenker; Gelenkführungen).

Diejenigen Teile der Kreuzköpfe, welche die Führungen in Gleisen vermitteln, heissen Schlitten oder Schuhe. Entweder bilden dieselben nur Flächen an den Kreuzköpfen, welche der grösseren Sicherheit halber

am zweckmässigsten aus Schmiedeisen oder Stahl mitunter aus Gusseisen hergestellt werden. In vielen Fällen zieht man es jedoch vor, die Schuhe als besondere Platten aus Bronze, Rotguss oder Weissmetall anzufertigen und mit den Köpfen durch Schrauben oder Zapfen zu verbinden, damit Reibung und Abnutzung möglichst gering ausfallen und letztere leicht durch zwischen gelegte (Kupfer-) Blechplatten auszugleichen ist. Mitunter wendet man auch Rollen an; da diese aber bald unrund zu werden pflegen, so ist ihr Gebrauch ein sehr beschränkter.

Je nach der Zahl der Schuhe und damit der Gleise unterscheidet man e i n-, z w e i- und v i e r g l e i s i g e Kreuzköpfe.

Die eingleisigen Kreuzköpfe sind die einfachsten, finden jedoch nur bei kleinen Kraftübertragungen Verwendung. Die gewöhnliche Konstruktion derselben ist zur Genüge aus Fig. 75 I. S. 39 zu erkennen.

Die allgemeine Anordnung eines zweigleisigen Kreuzkopfes geht aus Fig. 71 hervor. Der Kreuzkopfkörper K nimmt in der Muffe a die durch einen Keil befestigte Stange A auf, während der Zapfen Z, welcher durch K hindurch geht, das Gabelende g g erfasst und zwischen Lagerschalen schwingt, welche durch eine Schraube mit Keilstück einzustellen sind. Die cylindrisch abgerundeten Gleitschuhe s s werden nicht mit dem Körper fest verbunden, sondern durch an K sitzende Zapfen n n mitgenommen. Die Schmierung des Zapfens Z erfolgt aus dem Behälter i. Es bedarf kaum der Andeutung, dass an Stelle der cylindrisch abgerundeten Schuhe ebenflächige, rinnenartige, prismatische u. dgl. treten können, ohne an der Konstruktion etwas zu ändern.

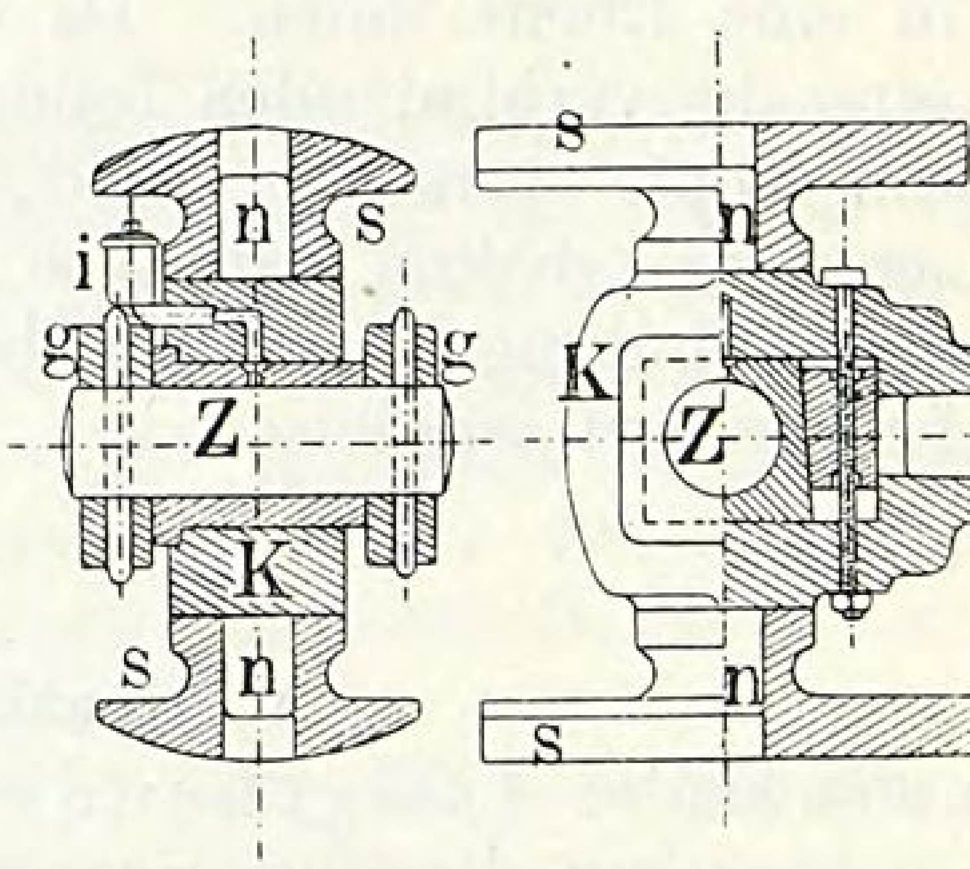


Fig. 71.

Ein viergleisiger Kreuzkopf zeichnet sich dadurch aus, dass derselbe zwei Paar Führungsflächen an zwei Schuhen besitzt. Bei der gewöhnlichen Ausführung (Fig. 72) befinden sich die Schuhe S S drehbar auf den Zapfen einer Traverse e e, welche in der Mitte einen Zapfen z zur Aufnahme der einen Stange und daneben zwei Zapfen für die mit einer Gabel G G verbundenen Stange B besitzt. Bemerkenswert ist an dieser Anordnung die Beweglichkeit aller Teile gegen einander, weshalb dieser Kreuzkopf wohl G e l e n k k r e u z k o p f genannt wird. Abweichungen von dieser Grundkonstruktion kommen vielfach vor. Oft fallen die Schenkel e e fort, wodurch die Schuhe unmittelbar an G G herantreten; statt des Zapfens z bildet das Mittelstück eine Nuss zur Aufnahme der nicht mitschwingenden Stange wie in Fig. 70.

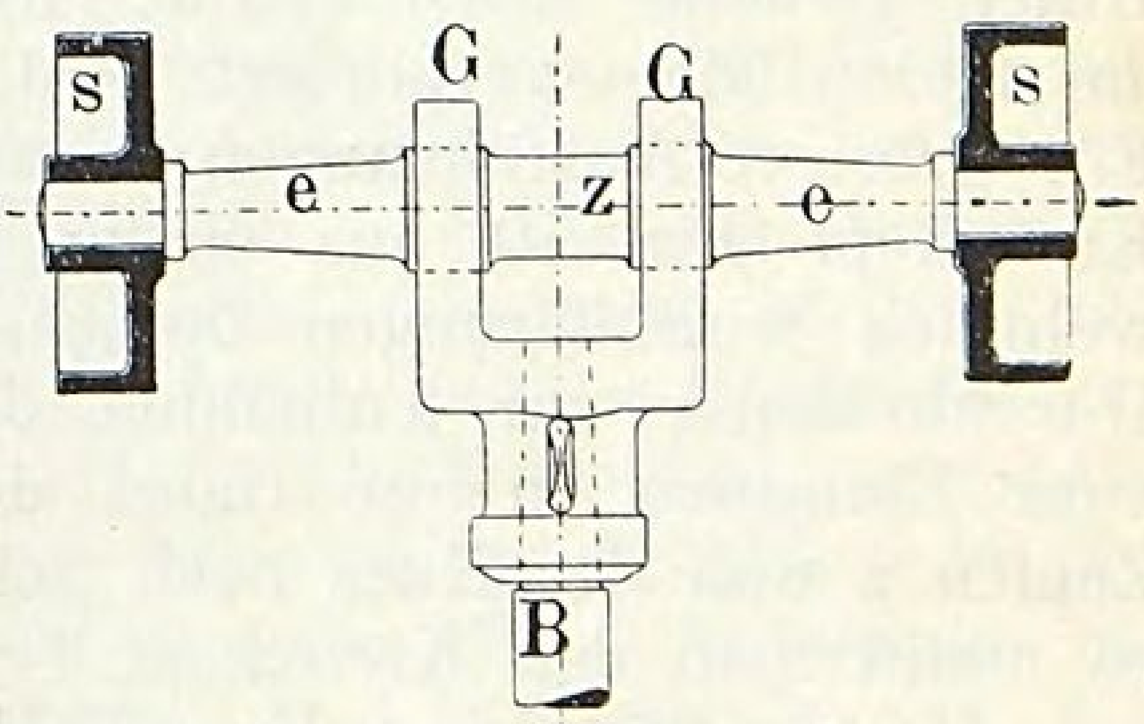


Fig. 72.

B. Kreuzkopfführungen.

1. Gleisführungen.

Am verbreitetsten sind bei den Kreuzköpfen zur Hervorbringung zwangläufiger Bewegungen die Prismenführungen in zahlreichen Anordnungen. Im allgemeinen ist hierbei zu bemerken, dass es sich fast stets darum handelt, die Geradführung nicht nur in der Schwingungsebene, sondern auch seitwärts zu sichern und dass dem entsprechend der Umschluss des Führungsprismas um das geführte zu treffen ist — Für leichte Kreuzköpfe genügt es, die geradlinig bewegte Stange A (Fig. 73) mit einer Verlängerung C in dem Bock D durch ein Hohlprisma oder einen Hohlcylinder zu unterstützen, eine Konstruktion, die eine lange Gabelung der Schubstange B verlangt. Um diese zu vereinfachen wird mitunter statt der ganzen nur eine halbe Gabel, also eine gekröpfte Schubstange angewendet. —

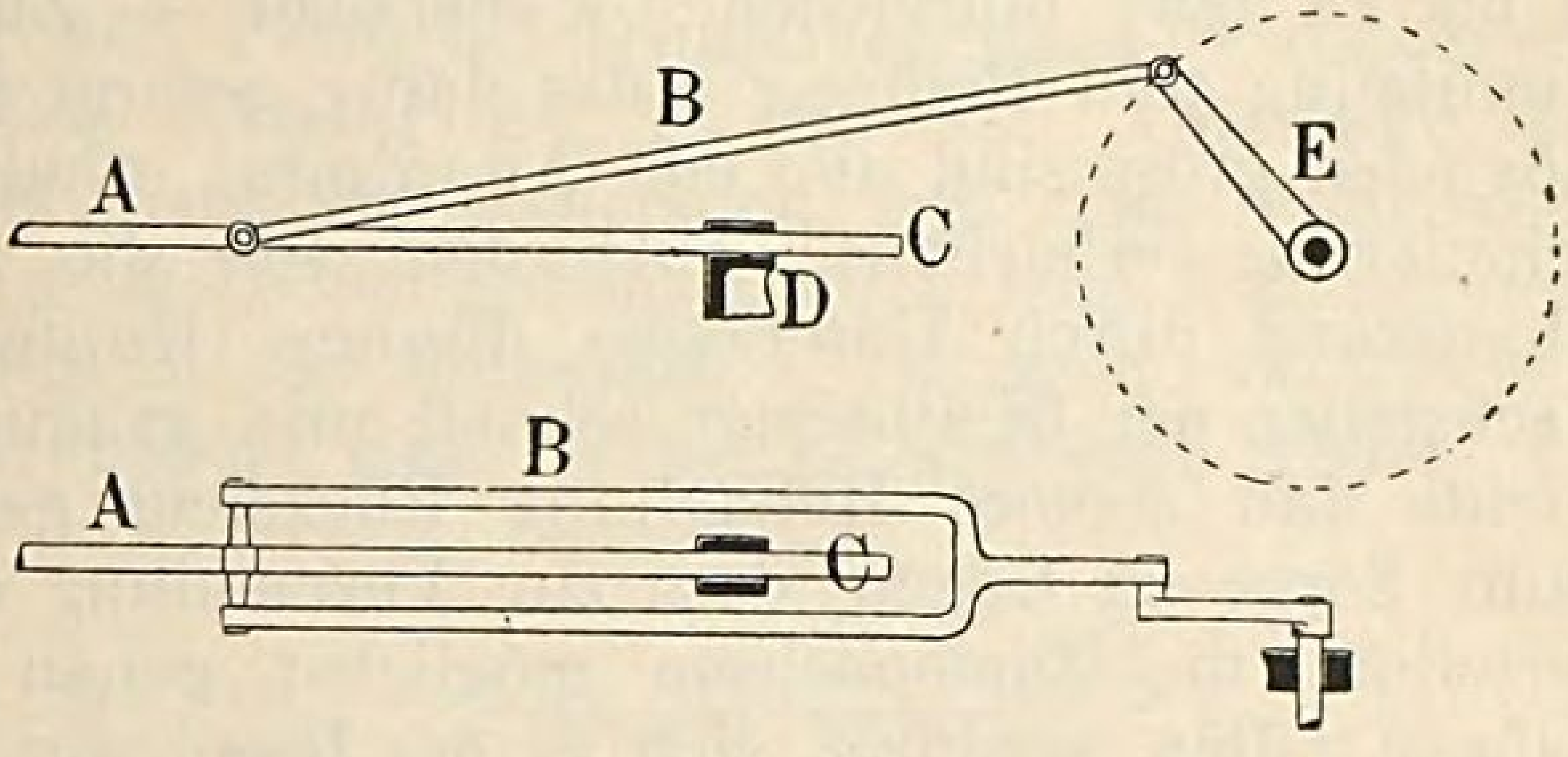


Fig. 73.

Eine hierher gehörende, neuerdings oft angewendete Ausbildung dieser Führung besteht nach Fig. 74 in der die beiden Stangen E und E_1 verbindenden Gabel B, welche bei d d die Schubstange i aufnimmt, während die Kurbelwelle A durch dieselbe hindurchtritt. Infolge der Verdrehung der Gabel B ist die denkbar kleinste Ausführung dieser Verbindung der Schubstange mit der geradlinig bewegten Stange E E, möglich gemacht, da der Schubstangenkopf aus der Gabel heraustritt.

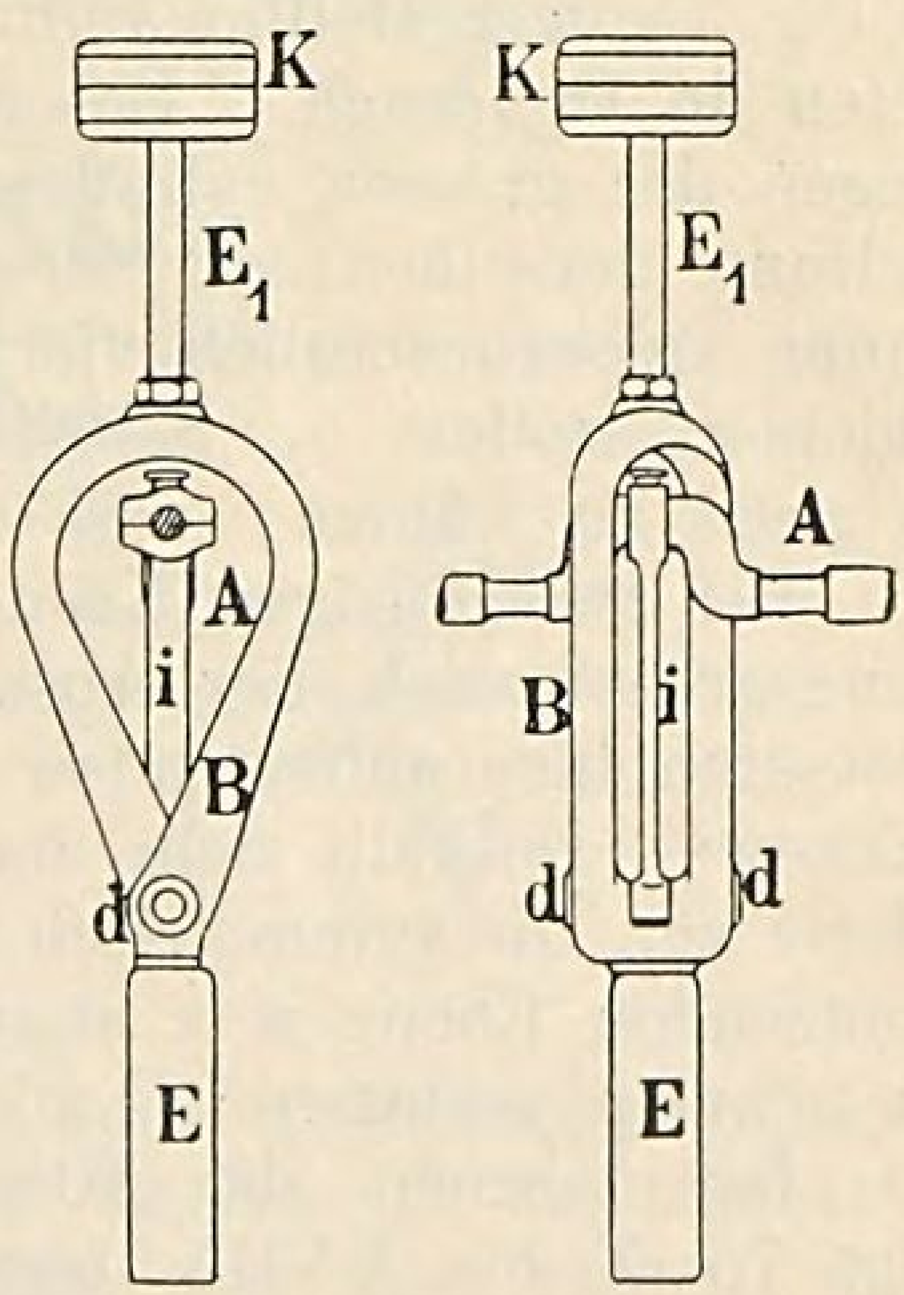


Fig. 74.

Die üblichsten der hier in betracht kommenden Geradführungen setzen sich aus den Führungsschuhen und Gleitbahnen (Gleisen) zusammen und zerfallen ebenfalls in drei Gruppen, jenachdem sie ein- oder zwei- oder viergleisig sind. Fig. 75 führt die wesentlichsten vor Augen.

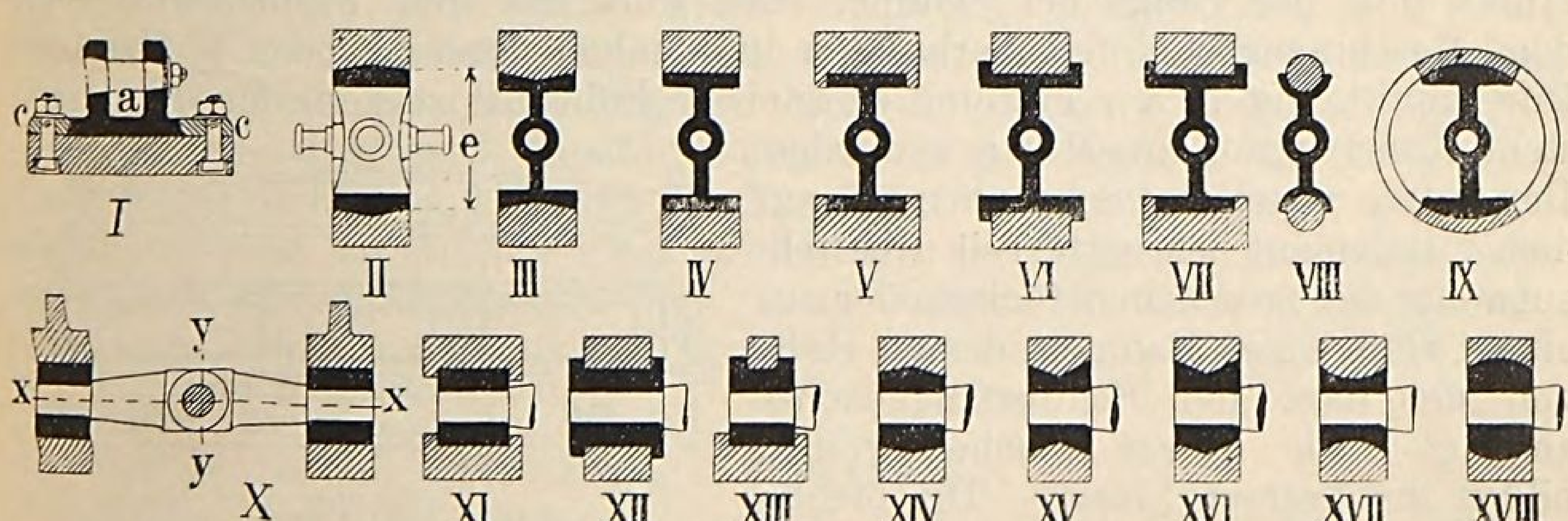


Fig. 75.

Um eingleisige Kreuzköpfe gegen Seitenverschiebungen und Hebungen zu schützen, wird der Schlitten a (Fig. 75 I) schwalbenschwanzförmig hergestellt und von wegnehmbaren Linealen c c gehalten. — Ist eine Hebung nicht vorauszusehen, so bekommen Schlitten und Bahnen eine einfache Parallelogrammform.

Bei den mit zwei Schlitten und zwei Gleitbahnen ausgestatteten Kreuzkopfführungen liegen die Bahnen fast immer in der Schwingungsebene der Schubstange, also bei wagrechter Bewegung des Kreuzkopfes über einander. Von den hierbei in Anwendung kommenden Formen giebt die Fig. 75 II bis IX eine hinreichende Uebersicht. — Zur Erzielung einer geringeren Abnutzung und Reibung muss dafür gesorgt werden, dass die Gleitflächen möglichst gross sind und eine Anordnung erhalten, welche eine ausreichende Schmierung erleichtert; ausserdem soll die Ausgleichung nach etwaiger Abnutzung durch Unterlegen dünner (Kupfer-) Blechstreifen oder durch Nachstellen der Gleitbahnen schnell und genau möglich sein, sowie auf eine leichte und sichere Herstellung Rücksicht genommen werden. Auch ist dafür Sorge zu tragen, dass zur Vermeidung einer ungleichmässigen Kraftverteilung die Zapfenachsen möglichst genau in die Mitte zwischen den Bahnen fallen, wodurch sich in der Regel eine symmetrische Anordnung ergiebt. Aus diesen genannten Rücksichten stehen am häufigsten von den in Fig. 75 dargestellten Führungen die mit II, IV, V, VII und IX bezeichneten in Gebrauch. Besonders bemerkenswert ist die Konstruktion IX. wegen der grossen cylindrischen Gleitflächen und wegen der leichten Herstellung derselben auf der Drehbank oder mittels Ausbohrmaschinen; sie finden ausserordentlich viel Verwendung bei liegenden Dampfmaschinen mit Bajonettgestellen. — Selbstverständlich ist der Abstand e der Gleitbahnen so gross zu wählen, dass die Schubstange beim Schwingen nicht anstösst.

Bei zweigleisigen Kreuzköpfen wächst mit der Zunahme der Schwingungsgrösse auch der Abstand e der Gleitbahnen und damit infolge des grösseren hier auftretenden Kräftepaares das Bestreben der Gleitschuhe zum „Ecken“. Deshalb zieht man für grössere Kreuzköpfe allgemein zwei Paar Gleise vor, die symmetrisch in einer die Schwingungsebene y y rechtwinklig kreuzenden Ebene x x angebracht sind und die Höhe der Gleitstücke klein zu nehmen gestatten.

Die Formen der Gleitbahnen für viergleisige Kreuzköpfe sind in Fig. 75 X bis XVIII dargestellt und selbstverständlich nach denselben oben erwähnten Gesichtspunkten entstanden; auch hiervon gelangen die Formen X, XI, XII, XIII, XVIII am häufigsten zur Verwendung.

Die Gleitbahnen bilden Lineale oder Schienen von der Länge des Hubes plus der Länge der Schuhe, sind stets mit dem Fundamente oder dem Maschinengestell fest verbunden und haben einen $\perp$ oder $\top$ förmigen Querschnitt (Fig. 75 X). Für eine viergleisige Führung ist die in Fig. 76 dargestellte Konstruktion zum Muster geworden. Der untere mittels der Schrauben t, t auf dem Fundament befestigte Teil u besteht entweder aus zwei Seitenstücken oder aus einem viereckigen Rahmen, dessen Höhe von der Lage der Schubstangenachse abhängt. Die oberen Flächen von u bilden die unteren Lineale. Die oberen

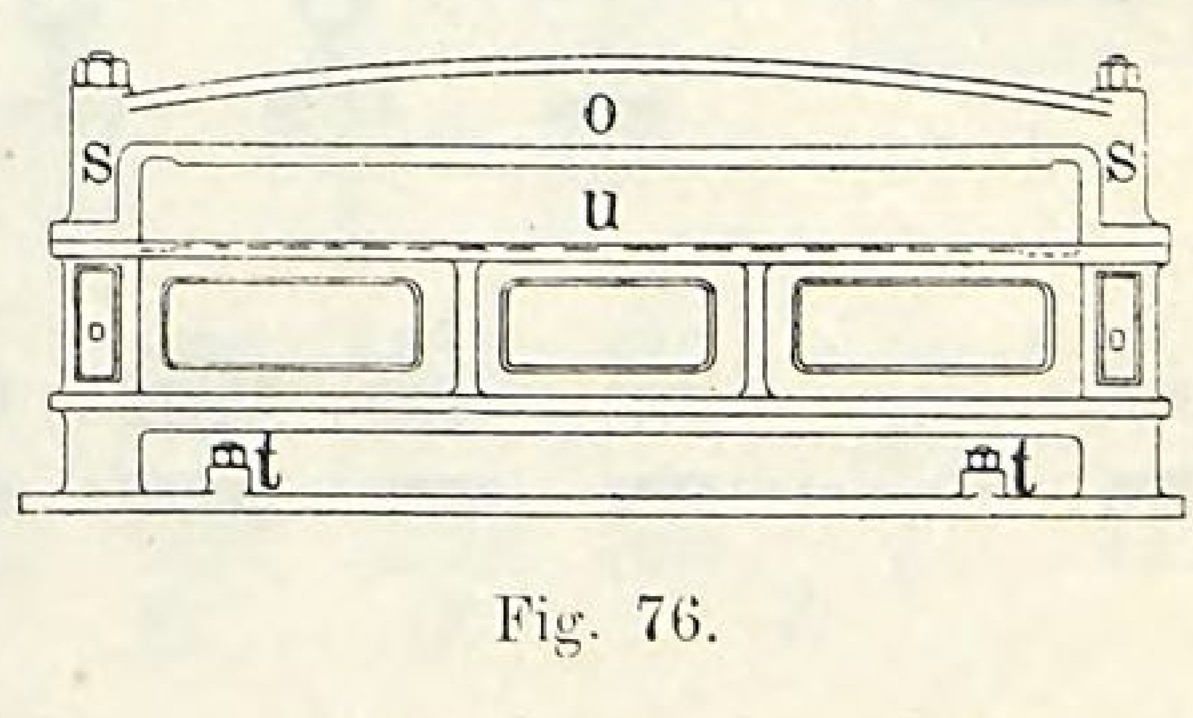


Fig. 76.

Lineale o, deren Form ohne weiteres die Figur erkennen lässt, erhalten mittels Stege s und Schrauben, die in u durch Keile befestigt werden, ihre sichere und genaue Lage auf u.

Zur Erzielung einer möglichst unwandelbaren Verbindung der Kurbellager mit den Gleitbahnen der Kreuzköpfe benutzt man entweder für beide Teile dasselbe Fundament, oder vereinigt beide Teile mit Hilfe eines steifen Zwischenstückes, welches womöglich mit dem Lagerkörper und dem Gleitbahnkörper ein einziges durch Guss erzeugtes Ganzes bildet. In sehr vollkommener Weise ist dieses Prinzip vorherrschend in der durch Fig. 75 veranschaulichten Anordnung und Form bei Dampfmaschinen, Pumpen etc. zur Ausführung gelangt. Man erkennt bei A das zur Aufnahme der Kurbelwelle bestimmte Lager, welches einerseits mit dem Fundament verschraubt, andererseits mit dem hohlen gusseisernen Balken B zusammengegossen ist, der bajonettförmig in das Rohrstück C übergeht, in welchem der in Fig. 71 dargestellte Kreuzkopf eine rohrartige Gleitbahn findet, die

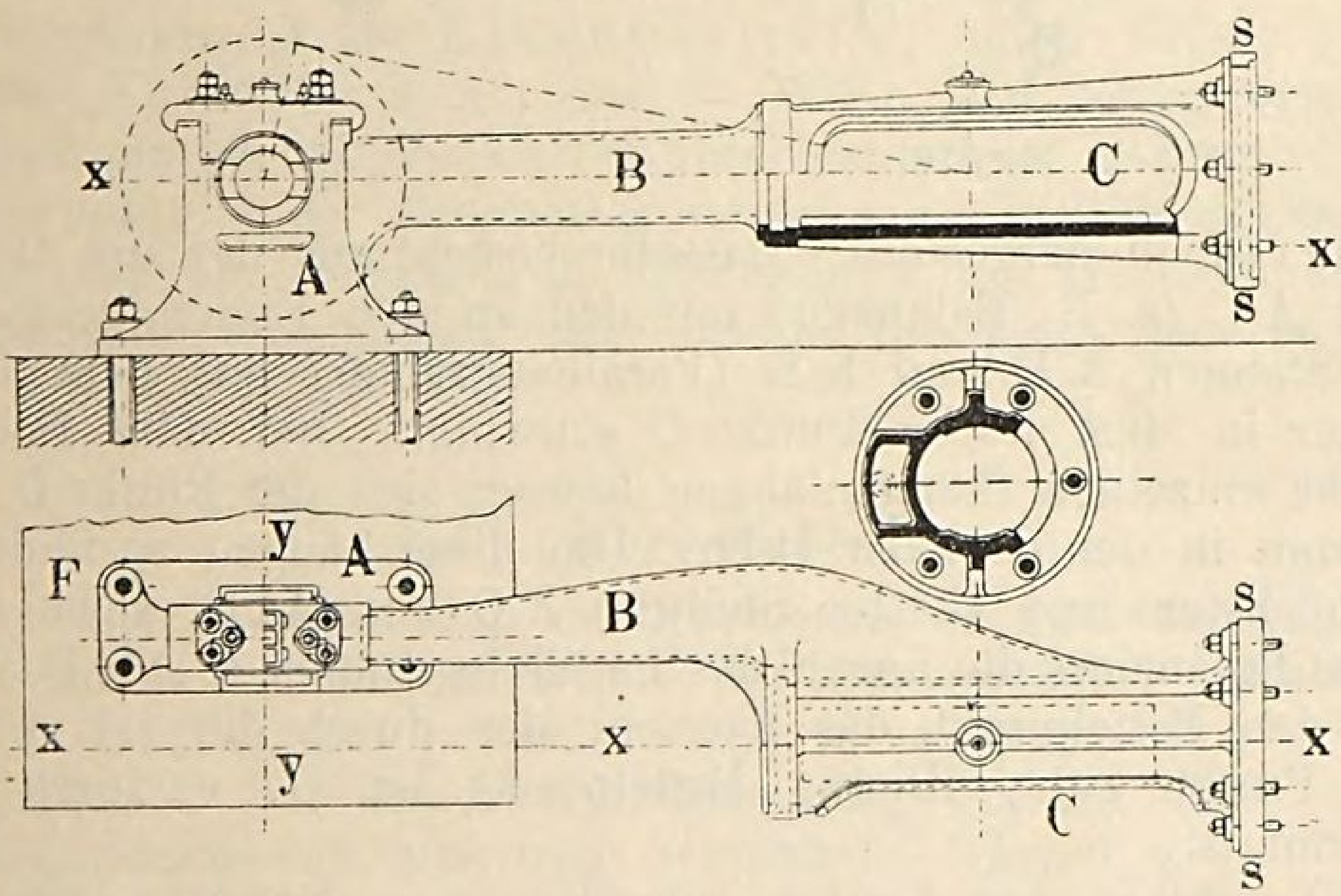


Fig. 77.

vermittels des Flansches s s mit dem Dampfcylinder zusammengeschraubt wird. Neben der absolut festen Verbindung des Lagers mit der Gleitbahn hat dieser sog. Bajonett- oder Corliss-Balken noch den Vorteil, dass sich die Rohrbahn durch Ausbohren auf das genaueste konzentrisch mit dem Dampfcylinder herstellen und dadurch auch diejenige zentrale Lage mit Sicherheit erreichen lässt, bei welcher die Achsen des Cylinders, der Kolbenstange und Schubstange nicht nur in eine gerade Linie x x (beziehungsweise Ebene) fallen, sondern bei welcher auch diese Linie x x genau durch die Mitte des Kurbelzapfens und die Achse y y der Kurbelwelle geht. — Ist bei grossen Ausführungen dieser Art zugleich die Anwendung einer Krummachse und damit ein Lagerpaar an Stelle von A erwünscht oder notwendig, so werden zwei Balken von der Form B symmetrisch angeordnet, so dass sie zusammen eine Gabel bilden, in welcher die Krummachse mit ihren Zapfen gelagert ist.

2. Gelenkführungen.

Neben den Geradführungen durch Gleise sind in einzelnen Fällen (z. B. Balanzierdampfmaschinen, Indikatoren) Stangenverbindungen zur Ge-

radführung in Gebrauch, welche Gelenkführungen genannt werden und gemeiniglich aus Lenkstangen (Lenker und Gegenlenker) zusammengesetzt sind, welche um Drehbolzen schwingen können. Von den zahlreichen Ausführungen seien hier zwei der gebräuchlichsten in ihrem Wesen durch Fig. 78 und 79 vor Augen geführt. — In Fig. 78 ist das Watt'sche

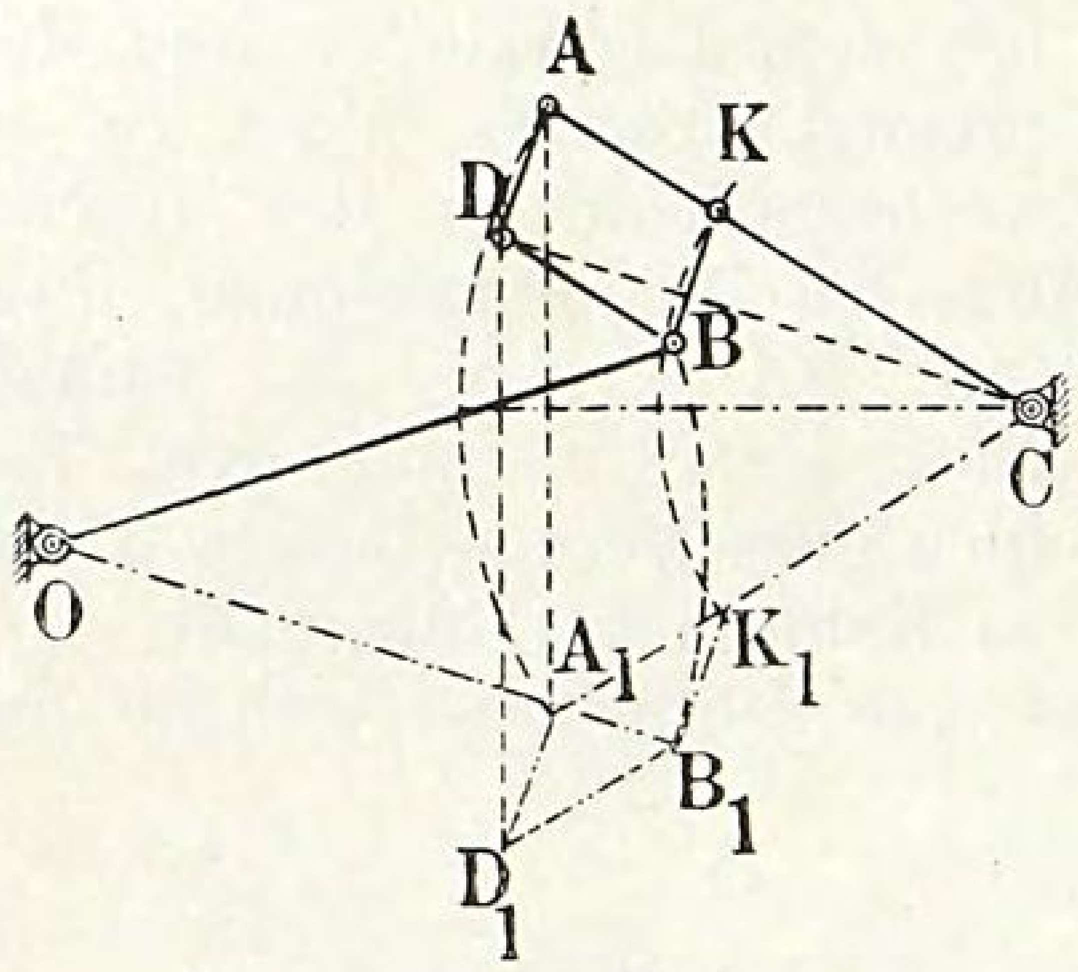


Fig. 78.

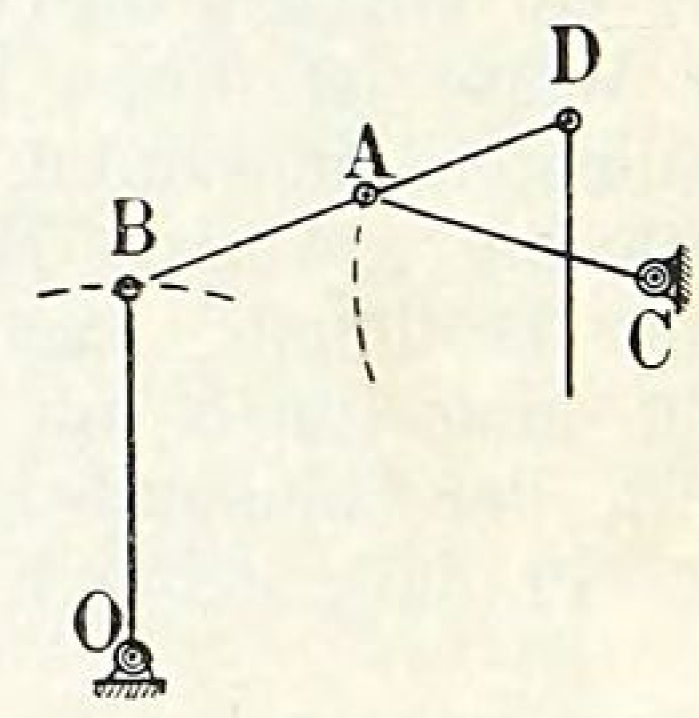


Fig. 79.

Parallelogramm dargestellt. Dasselbe besteht aus der um C schwingenden Stange A C (z. B. Balanzier) mit den an den Enden gelenkartig ausgebildeten Stangen A D und K B (Parallelogramm) mit dem Gegenlenker O B, welcher in dem festen Punkt O schwingt. Bei dem richtigen Verhältnisse der einzelnen Stangenlängen bewegt sich der Punkt D fast mathematisch genau in den Geraden D D_1. Um diese Längen zu finden, zeichnet man bei höchster und tiefster Stellung A C und A_1 C, sowie der Mittelstellung des Balanziers die Lagen des Parallelogramms A D K B, A_1 D_1 K_1 B_1 und sucht den Mittelpunkt des Kreises, der durch die drei von B eingenommenen Punkte geht. Dieser Mittelpunkt ist O, wodurch die Länge O B bestimmt ist.

Fig. 79 erklärt den Lenker von Evans. Derselbe setzt sich aus 3 Stangen C A, O B und B D zusammen, wovon die Endpunkte O und C um festliegende Zapfen drehbar sind, während B D um B und A schwingt und damit D eine geradlinige Bewegung erteilt.

Hier mag die Bemerkung hinzugefügt werden, dass man bei kleinen Abweichungen von der geraden Richtung und langen dünnen Stangen (z. B. sog. Steuerstangen) jede Führung entbehren kann, da die Federung der Stangen die Abweichung ohne Nachteil gestattet. Mitunter schaltet man zu dem Zwecke sogar nur eine (Blatt-) Feder als Verbindungsstück statt des Gelenkes ein.

V. Exzenter.

Unter Exzenter versteht man gewöhnlich eine kreisrunde Scheibe E (Fig. 80) (Exzenterscheibe), welche auf einer Welle W exzentrisch befestigt und somit als erweiterter Kurbelzapfen anzusehen ist. Es findet Verwendung, wenn es sich um Bewegungen handelt, für welche der Kurbelhalbmesser sehr klein ausfallen und das Anbringen des Kurbelzapfens viel umständlicher als das Aufstecken einer Scheibe sein würde, die leicht auf

jeder Stelle der Welle durch einen Keil befestigt werden kann. Die Stange a (Exzenterstange) erhält einen Ring (Exzenterring) R R, der, des bequemen Aufbringens und Nachstellens wegen, zweckmässig aus zwei durch Schrauben s verbundenen Hälften besteht, und das Exzenter mit nach innen vorspringenden Zargen umfasst, zwischen welchen sich zugleich das Schmiermaterial halten kann. Zudem gewährt ein Exzenter einem kleineren Zapfen gegenüber den Vorteil, dass zwischen Scheibe und Ring eine grosse Berührungsfläche, also geringere Abnutzung vorhanden ist und eine sehr regelmässige Bewegung hervorgerufen wird. — Bei grösseren Exzentern mit langen Stangen werden oft zwischen den Ringflanschen und dem äusseren Ende der Exzenterstange zur Vermeidung der Durchbiegung zwei Spannstangen n n angebracht. — Der Abstand der Wellen- und Scheibenmittelpunkte ist die Exzentrizität e, deren Grösse gleich dem entsprechenden Kurbelarm sein muss. — Wenn die Bewegungsgesetze des Exzenters auch mit denen der Kurbel übereinstimmen, so kann ersteres doch nur zur Verwandlung der Drehbewegung in eine Schubbewegung benutzt werden, weil für die umgekehrte Verwendung die Widerstände zu gross ausfallen und oft die Möglichkeit einer solchen Bewegung ganz ausschliessen.

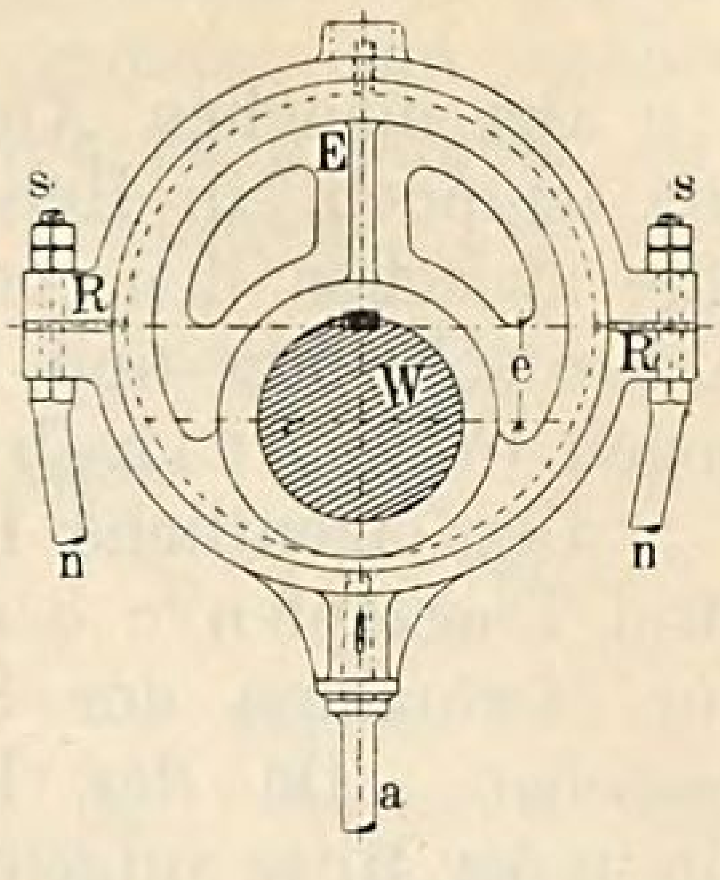


Fig. 80.

VI. *Kurbelschleife.*

Eine besondere Verbindung des Kurbelzapfens mit dem hin- und hergehenden Organ entsteht, wenn anstatt der schwingenden Schubstange ein Zwischenstück B (Fig. 81) gewählt wird, in welchem der Kurbelzapfen D bei seiner Kreisbewegung um A, mit einem Führungsschuh hin- und herschleift. Durch Anbringung dieses Zwischenstückes B (Kurbelschleife) erreicht man eine Umkehrung der geradlinigen Bewegung in eine drehende und umgekehrt nach dem Gesetze einer unendlich langen Schubstange und zwar infolge des Ausfallens der eigentlichen Schubstange, mit einer wesentlichen Verkürzung der bewegten Teile. Da dieses Kurbelgetriebe mit Schubschleife andererseits in bezug auf Reibungswiderstände sehr ungünstig ist, so wird es doch nur selten angewendet. — Ordnet man die Kurbelschleife B (Fig. 82) gelenkartig an, indem man sie mit dem Zapfen E drehbar befestigt, so entsteht die schwingende oder oszillirende Kurbelschleife, welche durch die Kurbel C in Schwingung versetzt die Stange E hin- und herbewegt, und zwar mit verschiedener Geschwindigkeit, jenachdem die mit gleichbleibender Geschwindigkeit sich drehende Kurbel den unteren oder oberen Bogen zurücklegt, da sich diese Geschwindigkeiten verhalten, wie diese Bögen a c b zu a d b. Dieser veränderten Geschwindigkeit wegen findet die oszillirende Kurbelschleife mitunter Anwendung.

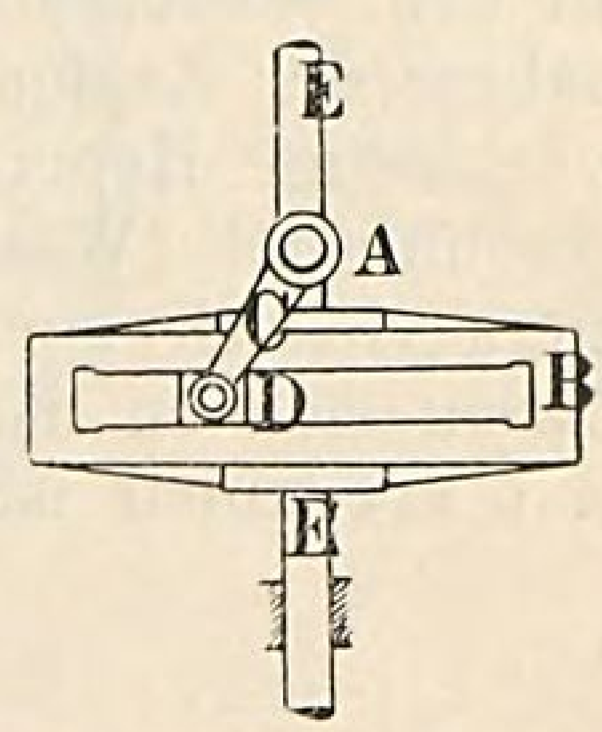


Fig. 81.

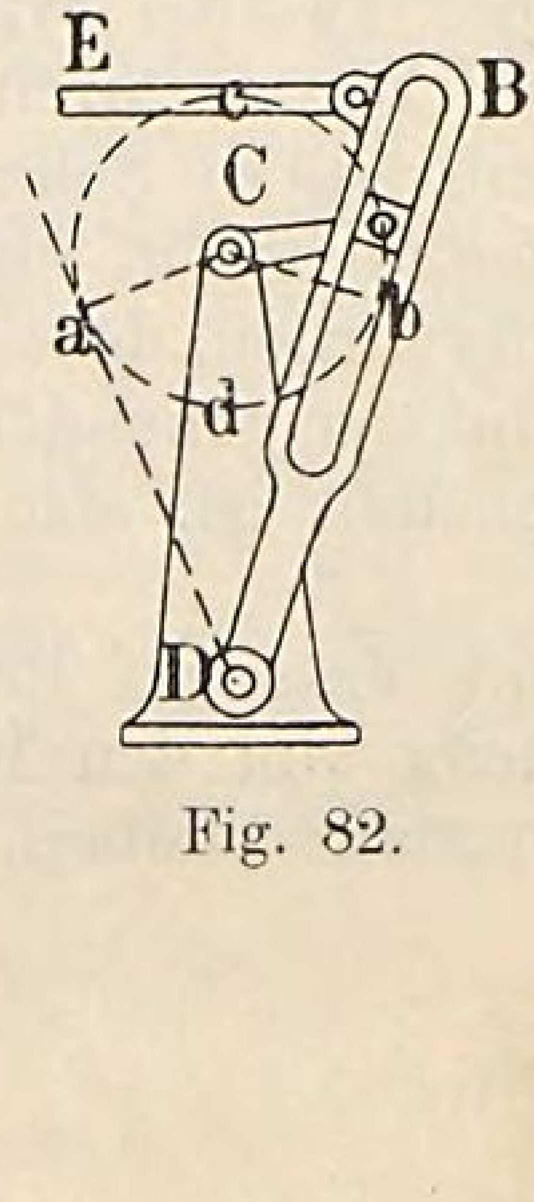


Fig. 82.

VII. Balanzier.

Bei manchen Ausführungen von Dampfmaschinen, Pumpen, Gebläsen etc. ist noch ein Hebel als Zwischenelement notwendig, der entweder um eine zwischen den Angriffspunkten oder an einem Endpunkte angebrachte Achse schwingt und dabei geradlinig (Balanzier, Schwinge) oder gebogen (Winkelhebel, Kunstkreuz) gestaltet sein kann.

Der eigentliche Balanzier (Fig. 83) ist gewöhnlich in der Mitte mit zwei Tragzapfen c c aufgehängt und an den Enden mit Doppelzapfen z z zur Aufnahme der Schubstangen versehen. Da der Balanzier als ein in der Mitte aufgehängter Träger anzusehen ist, so ergiebt sich daraus auch seine Form (parabolisch bei rechteckigem Querschnitt). Früher fertigte man die Balanziers allgemein aus Gusseisen an. Jetzt verwendet man als Material dazu am häufigsten Schmiedeisen, weil dieses grössere Sicherheit bietet; nur kleine Schwingen werden noch oft gegossen. — Man unterscheidet ein- und zweischildige Balanziers, jenachdem der Körper aus 1 oder 2 Wänden gebildet ist. Die Schilder sind im Querschnitt in der Regel ⊥ oder ⌉, manchmal | förmig, wonach der Querschnitt eines zweischildigen Balanzier][oder [] oder | | förmig wird. Man setzt sie vielfach aus Winkeleisen und Blech nach Art der Träger zusammen, fügt an den bestimmten Stellen die gehörig vorgearbeiteten Teile n n zur Aufnahme der Zapfen ein und verbindet sämtliche Teile durch Niete. — Kleinere zweiarmige Hebel werden gewöhnlich wie die Kurbeln aus einem Stücke geschmiedet (Waagebalken). — Da die schwingende Bewegung des Balanziers vielfach zur Erzeugung mehrerer Bewegungen ausgenutzt wird, so finden sich an demselben oft mehrere Gabelzapfen, deren Anbringung bei o, o erkennbar ist.

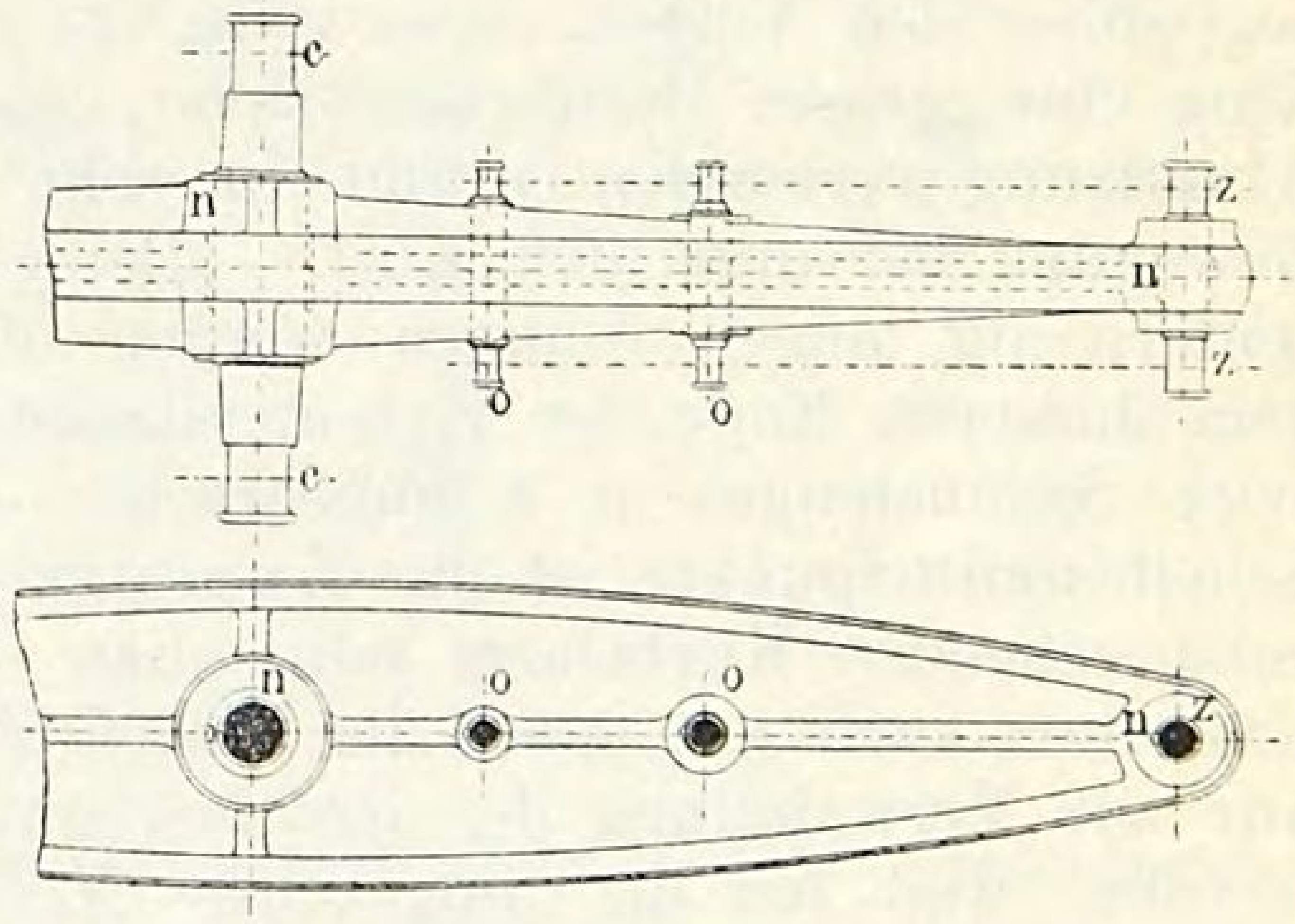


Fig. 83.

Drittes Kapitel.

Räder.

Von einer sich drehenden Welle a (Fig. 84) wird einer zweiten Welle b die Drehbewegung in einfachster Weise durch zwei Scheiben (Räder) mitgeteilt, wenn diese Scheiben sich ununterbrochen berühren und nicht auf einander gleiten. Hierzu ist aber nur erforderlich, dass die Summe der durch den Berührungspunkt o gehenden Radien (a o = r und b o = r_1) konstant ist, also allgemein stattfindet:

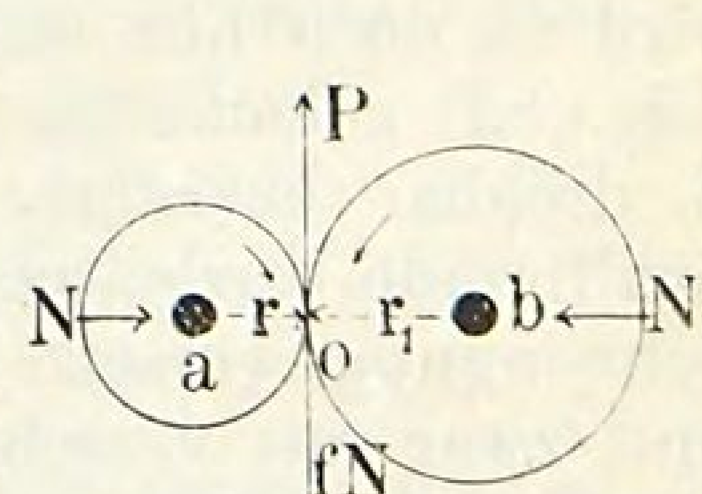


Fig. 84.

$$r + r_1 = a\,b$$

und dass im Punkte o ein Wälzen der Scheiben hervorgerufen wird. — Bleibt von den Radien r und r_1 einer konstant, so muss auch der andere konstant bleiben, also jede Scheibe eine Kreisform bekommen und konzen-

trisch mit der zugehörenden Welle verbunden sein. — Nimmt ein Radius ab und zu, so muss der zweite Radius umgekehrt grösser und kleiner werden, um der Bedingung der Mitnahme durch Wälzen zu genügen. Erfüllt ist u. A. diese Bedingung bei zwei kongruenten Ellipsen (Fig. 85), welche mit ihren entsprechenden Brennpunkten a und b auf Achsen sitzen, weil jedem Punkte o der Ellipse a ein vorgerückter Punkt p der Ellipse b entspricht, indem

$$a\,o + b\,p = a\,b$$

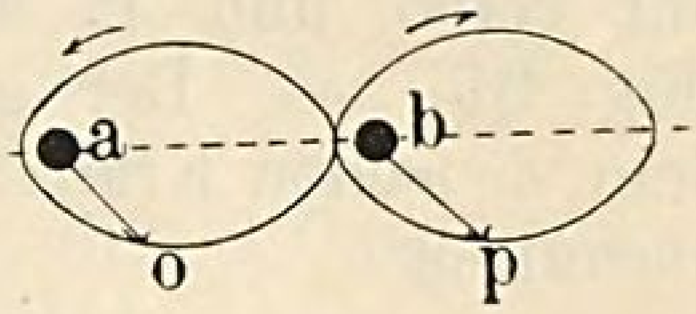


Fig. 85.

ist. — Auf ähnliche Weise kann die Grundform der Räder dreieckig, viereckig und polygonal angeordnet, und demnach eine Einteilung derselben in runde und unrunde Räder, d. h. in kreisförmige und nicht kreisförmige getroffen werden.

Bezüglich der Konstruktion der Räder sind an jedem Rade drei Teile zu unterscheiden:

1. die Nabe, das in der Mitte angebrachte Stück zur Befestigung des Rades mit der Achse,
2. der Kranz oder Reif, der ringförmige äussere Teil, der die Bewegungsübertragung vermittelt,
3. die Arme oder Speichen, welche den Kranz mit der Nabe verbinden.

Die Grundgestalt eines jeden Rades ist in Fig. 86 vor Augen geführt. Die Nabe C wird mit ihrer Bohrung auf die Welle W geschoben und durch

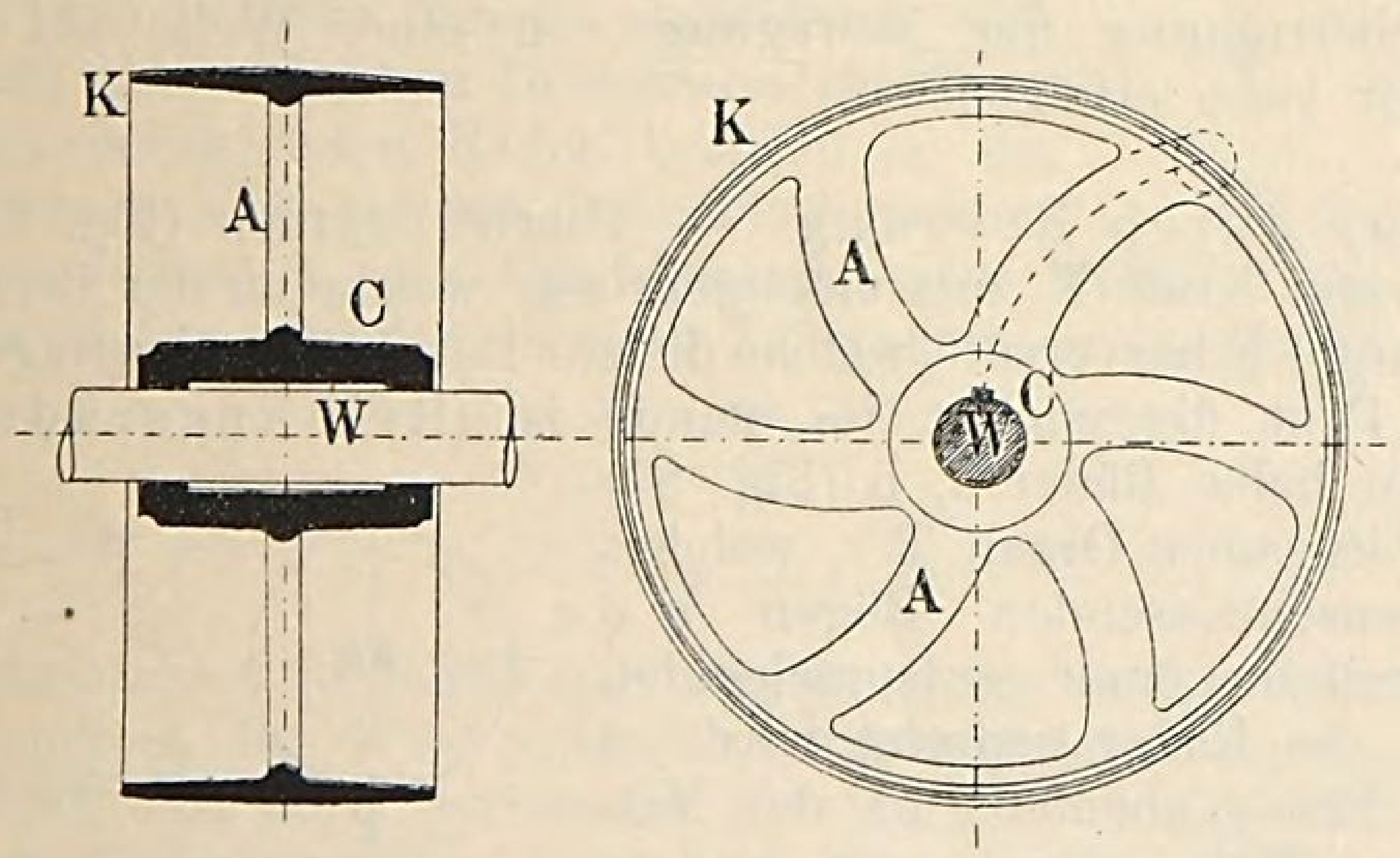


Fig. 86.

einen Keil befestigt; die Arme A sind entweder geradlinig radial oder gekrümmt, im Querschnitt T- oder O- oder +-förmig. Das Material, aus welchem die Räder hergestellt werden, ist durchgängig Gusseisen; daneben findet oft Schmiedeisen und Stahl, in einzelnen Fällen Bronze, Messing und Holz Verwendung. — Die Gusseisenräder bestehen gewöhnlich aus einem Stücke und werden zur Vermeidung von Gusspannungen mit krummen Armen versehen, weil diese beim Erstarren des Gusses etwas nachgeben; aus gleichen Gründen wird mitunter die Nabe geteilt d. h. mit radial durchgehenden Schlitzen gegossen und durch aufgezogene Ringe (Zwingen S. 10) gebunden. — Um die Räder bequem transportiren und auf die Wellen bringen zu können, stellt man sie auch wohl aus zwei Hälften her, welche mit Schrauben vereinigt werden; die Schnittfläche geht dann stets durch die Nabenachse und häufig zugleich durch die Arme. —

Die Räder aus Schmiedeisen oder Stahl werden vielfach durch Zusammenschweissen der Nabe mit den Armen und der Arme mit dem aus einem Stücke gewalzten Kranze erzeugt. Sehr gebräuchlich ist hier die Anordnung, bei welcher schmiedeiserne runde Stangen oder gezogene Röhren mit Nabe und in den Kranz mit eingegossen oder eingeschraubt sind (Fig. 96). — Bei ganz kleinen Rädern fehlen die Arme vollständig, indem zwischen Kranz und Nabe ein Vollkörper (Scheibe) den Zusammenhang vermittelt.

I. Runde Räder.

Räder mit der Kreislinie als Grundform bilden die Regel. Liegen die Radachsen parallel, so sind die Berührungsflächen normale Kreiscylinderflächen; schneiden sich die Achsen, so erhalten die Berührungsflächen die Gestalt normaler Kreiskegelflächen, deren gemeinsamer Mittelpunkt mit dem Achsenschnittpunkt zusammenfällt; kreuzen sich die Achsen im Raume, so müssen die Berührungsflächen Umdrehungshyperboloiden angehören. Man unterscheidet dementsprechend

I. Cylinderräder,
II. Kegelräder.
III. Hyperbelräder.

Die Uebertragung der Bewegung von einer Welle auf eine andere mittels Räder kann erfolgen:

Erstens durch Reibung. — Hierbei werden (Fig. 84 S. 44) die Räder mit einer Kraft N zusammengepresst, welche an der Berührungsstelle o eine Reibung f N hervorruft, welche die zur Bewegungsübertragung erforderliche Kraft P zu überwinden im stande ist (Reibungsräder). — Umschlingt man beide Räder a, b (Fig. 87) mit einem biegsamen Organ T t, welches an den umschliessenden Bögen n o und m p mittels einer entsprechenden Kraft gegen die Räder gepresst wird, so besteht der Erfolg ebenfalls in der Mitnahme einer Welle durch die andere drehende infolge Reibung. — Demnach teilt man die Reibungs-Reib- oder Friktionsräder in direkt und indirekt betriebene ein.

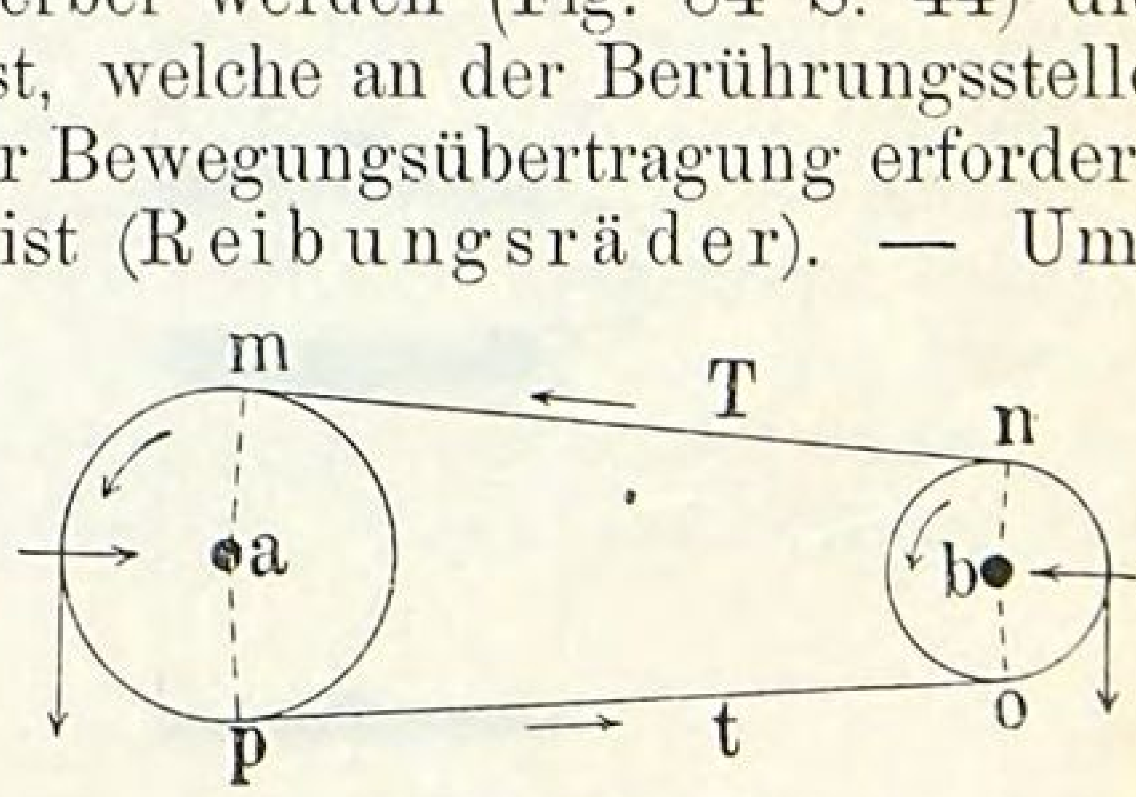


Fig. 87.

Zweitens durch Zähne. — Der Radialdruck N, der bei den Reibungsrädern die erforderliche Reibung erzeugt und proportional dem Widerstande P ist, wird von den Lagern aufgenommen und daher die Ursache einer, namentlich bei rasch laufenden Wellen mitunter sehr beträchtlichen, nutzlosen Reibungsarbeit zwischen Zapfen und Lagern; ausserdem bietet diese Art der Bewegungsübertragung oft nicht die verlangte Zuverlässigkeit, indem insbesondere bei grossen Kräften leicht ein vorübergehendes Gleiten der Räder aufeinander und infolgedessen eine Unterbrechung in der Bewegung eintritt. — Versieht man dahingegen die Oberflächen der

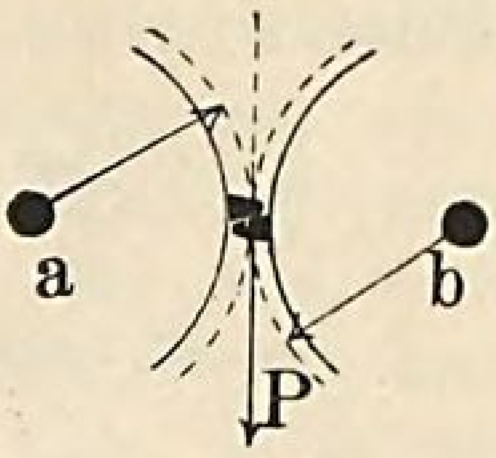


Fig. 87.

Räder a, b (Fig. 87) mit solchen Vorsprüngen (Zähnen) und Vertiefungen (Zahnlücken), dass dieselben der Reihe nach zwischen einander treten können, so erfolgt die Mitnahme des einen Rades durch das andere nicht nur mittels einer tangential auftretenden Pressung P, sondern auch vollkommen sicher, weil ein Gleiten der Räder auf einander ausgeschlossen ist. — Auch bei diesen Zahnrädern kann zur Vermittlung der Bewegung ein biegsames, mit Zähnen und Lücken ausgestattetes Band (Kette) dienen, welches um beide Räder geschlungen wird, so dass hier desgleichen die Einteilung in direkt und indirekt betriebene begründet ist.

Die Mittel, welche die Uebertragung der Bewegung durch Räder veranlassen (Reibung oder Verzahnung) sind ohne Einfluss auf die kinematischen und dynamischen Verhältnisse, weshalb diese auf gemeinschaftlicher Grundlage stehen.

Bewegt sich das Rad a (Fig. 84 S. 44) vom Radius r in der Richtung des Pfeiles, so ist die Bewegung des Rades b vom Radius r_1 die entgegengesetzte. Bei einem Räderpaare haben demnach die Wellen entgegengesetzte Drehrichtungen (Drehsinn); daraus folgt ohne weiteres, dass durch Zwischenschiebung eines dritten Rades c (Zwischenrand, Transporteurrad) den beiden Wellen a und b (Fig. 88) der gleiche Drehsinn zu erteilen ist und dass eine gerade Zahl von Rädern einen ungleichen, eine ungerade Zahl einen gleichen Drehsinn herbeiführt.

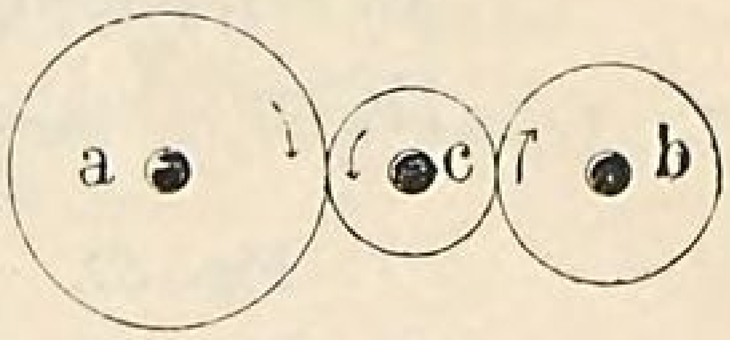


Fig. 88.

Die sich berührenden Räder besitzen an der Oberfläche naturgemäss gleiche Geschwindigkeiten; bedeuten nun n und n_1 die Umdrehzahlen der Räder a und b mit den zugehörenden Radien r und r_1 in einer Zeiteinheit, so ist die Geschwindigkeit

$$c = 2\, r\, \pi\, n = 2\, r_1\, \pi\, n_1$$

also $$r\, n = r_1\, n_1$$

und $$\frac{n}{n_1} = \frac{r_1}{r}$$

d. h. die Umdrehzahlen verhalten sich umgekehrt wie die Radhalbmesser. Demnach bietet sich in der Wahl und Bestimmung der letzteren ein höchst einfaches Mittel dar, die Umdrehzahl der Wellen beliebig zu bemessen. — Sind mehrere Zwischenräder c, d, e u. s. w. mit den Radien r_2, r_3, r_4, eingeschaltet, so besteht die Beziehung

$$c = 2\, r\, \pi\, n = 2\, r_2\, \pi\, n_2 = 2\, r_3\, \pi\, n_3 = 2\, r_4\, \pi\, n_4 = 2\, r_1\, \pi\, n_1$$

also $$r\, n = r_2\, n_2 = r_3\, n_3 = r_4\, n_4 = r_1\, n_1$$

folglich wiederum $$r\, n = r_1\, n_1 \text{ oder } \frac{n}{n_1} = \frac{r_1}{r}$$

woraus hervorgeht, dass die Zwischenräder ohne Einfluss auf die Umdrehzahl der Wellen sind.

Wenn die Zwischenräder paarweise d. h. nach Fig. 84 in der Weise angeordnet sind, dass je zwei Zwischenräder e, d ; f g u. s. w. auf einer gemeinschaftlichen Welle sitzen, so ergeben sich unter Beibehaltung der obigen Bezeichnungen folgende Beziehungen zwischen Geschwindigkeiten, Umdrehzahlen und Radien.

Bedeutet c, c_1 und c_2 die Umfanggeschwindigkeit des 1., 3. und 5. Rades so ist:

$$c = 2\, r\, \pi\, n = 2\, r_1\, \pi\, n_2 \quad \text{also} \quad n_2 = \frac{r\,.\,n}{r_2}$$

$$c_1 = 2\, r_3\, \pi\, n_2 = 2\, r_4\, \pi\, n_3 \quad \text{also} \quad n_3 = \frac{r^3\,.\,n}{r_4} = \frac{r_3\,.\,r\,.\,n}{r_2\,.\,r_4}$$

$$c_2 = 2\, r_5\, \pi\, n_3 = 2\, r_1\, \pi\, n_1 \quad \text{also} \quad n_1 = \frac{r_5\,.\,r_3\,.\,r\,.}{r_1\,.\,r_2\,.\,r_4\,.}\,.\,n$$

Das Verhältnis der Umdrehzahlen, das sogenannte Uebersetzungsverhältnis oder Umsetzungsverhältnis zwischen der treibenden Welle a und der getriebenen Welle b ist daher ausgedrückt durch

$$\frac{n}{n_1} = \frac{r_1\,.\,r_4\,.\,r_2}{r_5\,.\,r_3\,.\,r}$$

und demnach gleich dem Produkte der Radien der getriebenen Räder dividirt durch das Produkt der Radien der treibenden Räder.

Nimmt die Welle a (Fig. 89) z. B. an der Kurbel l eine Kraft K auf, dreht sie sich also infolge des Momentes K l, so entsteht an dem Umfange

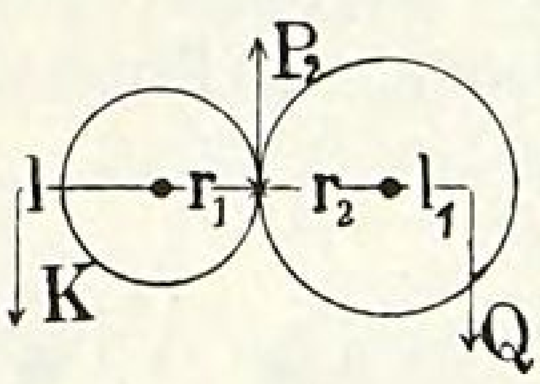


Fig. 89.

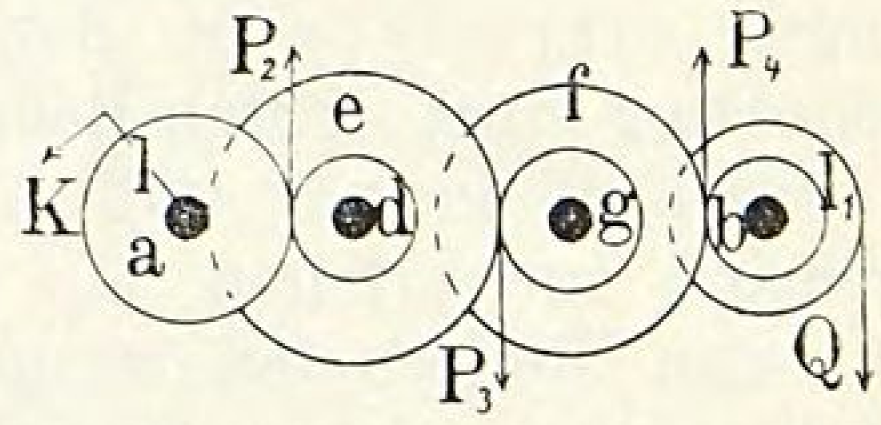


Fig. 90.

der Scheibe vom Radius r_1 der Tangentialdruck P_2 und der Gleichgewichtszustand:

$$K\, l = P_2\, r_1$$

Aus gleichen Gründen wird ferner (Fig. 90)

$$P_2\, r_2 = P_3\, r_3 \text{ also } P_2 = P_3\, \frac{r_3}{r_2}$$

$$P_3\, r_4 = P_4\, r_5 \text{ also } P_3 = P_4\, \frac{r_5}{r_4}$$

$$P_4\, r_1 = Q\, l_1 \text{ also } P_4 = Q\, \frac{l_1}{r_1}$$

Ist demnach z. B. Q die an einem Hebel l_1 der Welle b wirkende Last, also Q l_1 das Widerstandsmoment der Welle b, so ergiebt sich aus obigen Beziehungen:

$$K\, l = Q\, l_1\, \frac{r\; r_3\; r_5}{r_1\; r_2\; r_4}$$

oder

$$\frac{K}{Q} = \frac{l_1\; r\; r_3\; r_5}{l\,.\,r_1\; r_2\; r_4}$$

d. h. die Kraft verhält sich zur Last wie das Produkt der Radien der getriebenen Räder zu dem Produkt der Radien der treibenden Räder.

Die Anordnung solcher in Fig. 88 und 90 dargestellter Räderpaare führen den Namen Vorgelege und zwar je nach der Zahl der Paare

einfaches oder zusammengesetztes (doppeltes, dreifaches u. s. w.) Vorgelege. Sie findet sowohl zur Umsetzung von Geschwindigkeiten, als zur Uebersetzung von Kräften die nützlichste und demgemäss eine überaus häufige Verwendung, um durch kleine Geschwindigkeiten und Kräfte grosse und umgekehrt durch grosse kleine hervorzurufen. — Durch Vertauschung einzelner Räder gegen solche mit anderen Radien tritt ohne weiteres ein anderes Umsetzungsverhältnis ein, weshalb in Fällen, in denen ein Wechsel dieser Verhältnisse notwendig oder erwünscht erscheint, Rädersätze als sog. Wechselräder von verschiedenen Radien zur Hand sein müssen.

A. Reibungsräder.

Da die Wirkung der Reibungsräder unter sonst gleichen Umständen wesentlich von dem Reibungskoeffizienten zwischen den reibenden Flächen abhängt, so ist die Wahl der Materialien, aus welchen diese Flächen gebildet werden, angemessen zu treffen. Als Reibungskoeffizient f kann gelten

für Gusseisen	auf Gusseisen	0,10	bis	0,15	im	Mittel	=	0,12
„ „	„ Papier	0,15	„	0,20	„	„	=	0,17
„ „	„ Leder	0,20	„	0,30	„	„	=	0,25
„ „	„ Holz	0,20	„	0,50	„	„	=	0,35
„ Holz	„ Holz	0,40	„	0,60	„	„	=	0,50

Demnach ist es günstig, die Reibungsflächen aus Holz, Leder und Eisen herzustellen. Bei cylindrischen Reibungsrädern ist

$$N f \geqq P$$

also $N \geqq \frac{P}{f}$ oder $\geqq 6{,}3\ P$ für Eisen auf Eisen

und $N \geqq 2{,}0\ P$ „ Holz auf Holz

$N \geqq 3{,}0\ P$ „ Eisen auf Holz.

Der von den Zapfen aufzunehmende grosse Normaldruck N wird wesentlich geringer, wenn man die Berührungsflächen derart mit V förmigen Rillen (Fig. 91) versieht, dass die Radumfänge mit keilartigen Vorsprüngen zusammentreten (Keilräder). Ist hierbei der Keilwinkel α und der Reibungsdruck N, so ergiebt sich als Achsendruck:

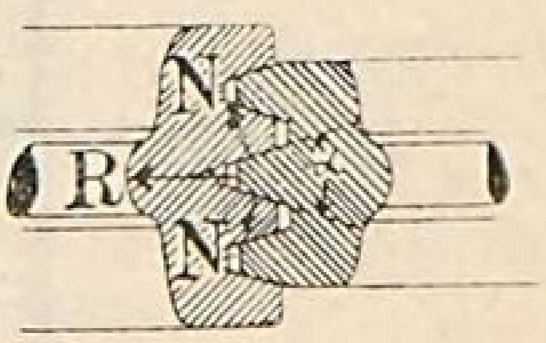


Fig. 91.

$$R = 2\ N \left(\sin \frac{\alpha}{2} + f \cos \frac{\alpha}{2}\right),$$

also erzeugt bei Keilrädern derselbe Lager- oder Achsendruck einen entsprechend grösseren Reibungsdruck oder derselbe Reibungsdruck einen kleineren Achsendruck. Aus letzterem Grunde finden die Keilräder als Reibungsräder besonders häufig Verwendung. Der Keilwinkel α beträgt gewöhnlich bei Gusseisen 30°. Da der Lagerdruck mit dem Winkel abnimmt, so hat man in manchen Fällen Räder zur Anwendung gebracht, bei welchen statt der festen Reifen Ringe mit parallelen Flächen (also mit dem Winkel α = Null) um den Cylinder liegen, die in der Achsen-

richtung durch Federn gehörig zusammengepresst und Lamellen (daher Lamellenräder) genannt werden.

Beim Eingriff der Keilräder kann nur längs einer Kreislinie die Umfangsgeschwindigkeit beider Räder gleich sein; ausserhalb dieser Linie findet daher ein Gleiten oder Schleifen und diesem entsprechend eine um so grössere nutzlose Arbeit statt, je tiefer die Rillen in einander greifen. Aus dem Grunde beschränkt man diese Tiefe, ohne den Flächeneinheitsdruck zu vermehren, durch Anordnung mehrerer (3 bis 10 u. m.) Rillen.

Die Lagerung der Reibungsräderwellen ist daraufhin einzurichten, dass sie durch Nachstellbarkeit die Abnutzung der Reibflächen auszugleichen gestattet; am geeignetsten hat sich hierzu eine elastische Feder- oder Kautschukstellvorrichtung erwiesen.

Man benutzt die direkten Reibungsräder hauptsächlich zur Uebertragung grosser Geschwindigkeit, weil sie keine Stösse hervorbringen. Viel weniger vorteilhaft dienen sie zur Fortleitung grösserer Kräfte, obwohl sie auch hier in einzelnen Fällen (bei Walzwerken, Fördermaschinen u. dergl.) Verwendung finden, wenn eine mit Stoss wirkende Verbindung zweier Wellen vermieden werden muss, was bei den Reibungsrädern deshalb der Fall ist, weil der Angriff infolge des anfänglichen Rutschens allmählich erfolgt.

Für parallele Wellen verwendet man mit Vorliebe gusseiserne Keilräder oder cylindrische Reibungsräder in der Anordnung, dass das treibende Rad einen aus Felgen bestehenden hölzernen Besatz auf einem eisernen Kranze erhält, während das getriebene (gewöhnlich kleinste) Rad die eiserne Reibungsfläche bekommt. Die Holzbekleidung wird aus 35 bis 50 *mm* dicken Bohlen in der Weise hergestellt, dass die Fasern des Holzes möglichst mit dem Radumfange verlaufen. — Nicht parallele Wellen erhalten zur Uebertragung der Bewegung in der Regel kegelförmige Scheiben (Fig. 92), wovon die eine b den Andruck in der Achsenrichtung ihrer Welle durch eine Spiralfeder f oder Kautschukringe empfängt. Da dieser Andruck N bei dem Kegelwinkel α nur in der Grösse $R = N \cos \frac{\alpha}{2}$ als Lagerdruck auf-

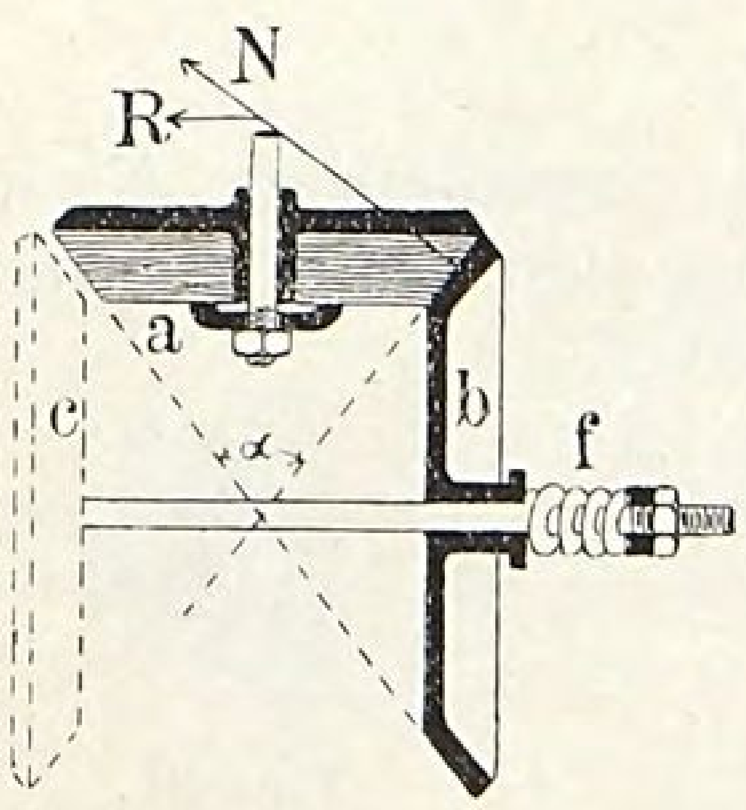


Fig. 92.

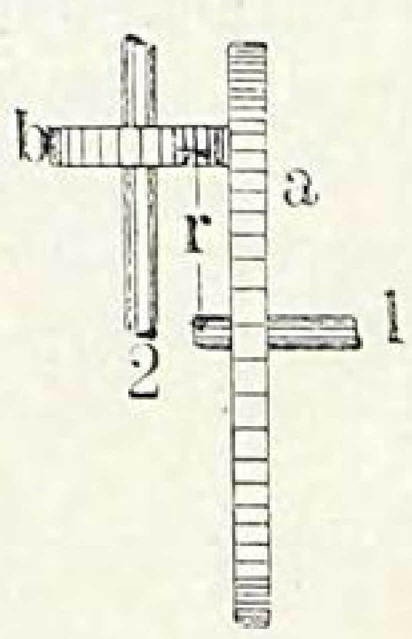


Fig. 93.

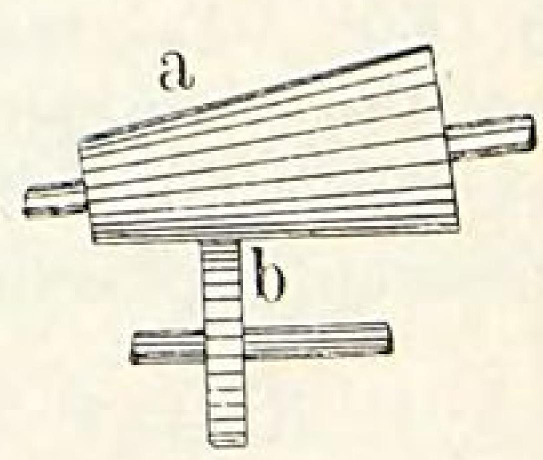


Fig. 94.

tritt, so verzichtet man in der Regel auf die Anbringung von Keilnuten und konstruirt dagegen mit Vorliebe das kleinere Rad a aus Lederscheiben, welche zwischen Eisenplatten gepresst werden. — Der Reibungsantrieb gekreuzter Wellen erfolgt in Fällen, welche einen Uebersetzungswechsel leicht gestatten sollen und wenn der Kreuzungswinkel 90° beträgt, durch die in Fig. 93 skizzirte Planscheibe a, gegen welche die auf der zweiten Welle 2 sitzende Scheibe b gepresst wird, deren Verschiebung auf

dieser Welle 2 den Abstand r von der Welle 1, also das Verhältnis der Radien r und r_1 und somit der Umdrehzahlen ändert. — Ist der Kreuzungswinkel kleiner als 90°, so erreicht man den Zweck des bequemen Wechselns auch durch die in Fig. 94 gezeichnete Verbindung eines Kegels a mit einer Cylinderscheibe b. — Um einen Wechsel in der Bewegungsrichtung hervorzurufen, bringt man vielfach (Fig. 92) auf einer Welle zwei Scheiben b und c an, welche abwechselnd an a angedrückt werden. — Befinden sich solche Scheiben b und c (Fig. 92) oder auch zwei Planscheiben a (Fig. 93) auf zwei mit gleicher Geschwindigkeit aber in entgegengesetztem Sinne sich drehenden Wellen, so heben sie den Lagerdruck der Scheibe a beziehungsweise b vollständig auf; bei sehr schnell sich drehenden Scheiben empfiehlt sich dieser doppelte Antrieb besonders zur Vermeidung des Schlotterns (Zentrifugen, Holzfräsmaschinen).

B. Riemenräder und Seilräder.

Statt der durch direkten Andruck zur Wirkung kommenden Räder werden namentlich bei grösseren Achsenabständen mit Vorliebe Räder oder Scheiben verwendet, bei welchen man die Uebertragung der bewegenden Kraft durch ein endloses Band (Riemen oder Seile) vermittelt, das beide Scheiben umschlingt und so stark gespannt wird, dass die auf der Umfläche der Räder erzeugte Reibung genügt, die Bewegungsübertragung zu sichern. Diese Räder heissen je nach dem Uebertragungsmittel Riemenräder, Riemenscheiben oder Seilscheiben.

1. Riemenräder.

So lange ein solcher Riemen n m o p (Fig. 95) um die Räder a, b sich mit diesen in Ruhe befindet, erstreckt sich die Riemenspannung gleichmässig durch den ganzen Riemen. Während der Bewegung jedoch muss eine andere Verteilung eintreten, indem derjenige Teil des Riemens, welcher die Uebertragung bewirkt (die treibende, führende, ziehende Seite) z. B. m n allmählich eine Spannung T annimmt, welche um die Grösse der zu übertragenden Kraft P die Spannung t in der getriebenen (geführten, gezogenen) Seite o p übertrifft, so dass im Zustande der Bewegung Gleichgewicht vorhanden ist, wenn die Beziehung stattfindet:

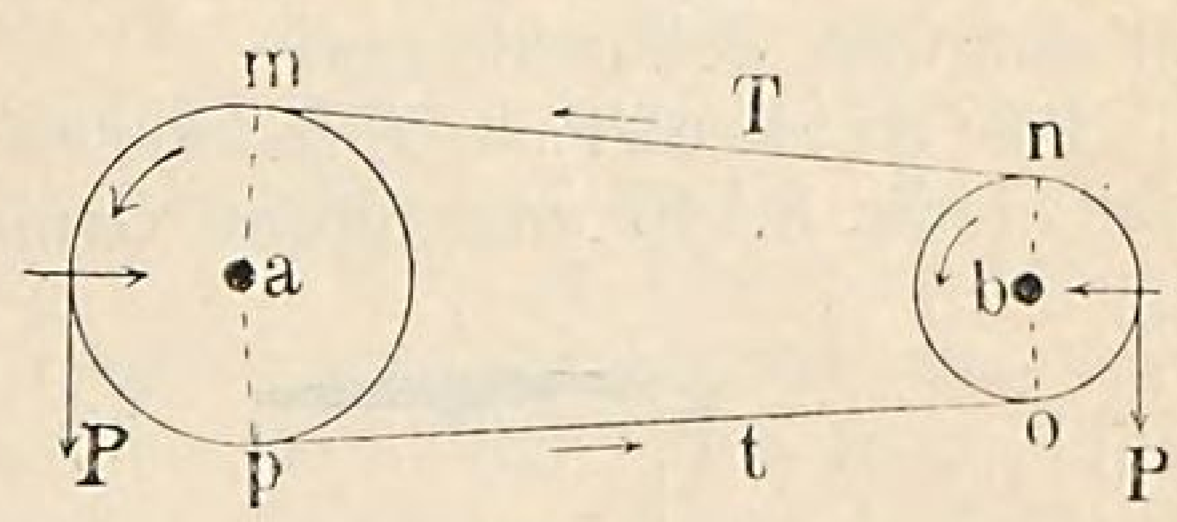


Fig. 95.

$$T = P + t \text{ also } P = T - t$$

d. h. es muss die übertragene Kraft gleich der Differenz der Riemenspannungen sein.

Infolge der Bewegung und des damit verbundenen festen Auflegens des Riemens auf die glatte Metalloberfläche erfolgt ohne Frage ein Heraus- oder Fortdrängen der atmosphärischen Luft an den Auflaufstellen m und o zwischen Riemen und Scheiben und dadurch eine Vermehrung des Andrucks um den Luftdruck; da jedoch auch zugleich die Zentrifugalkraft eine entgegengesetzte Wirkung hervorbringt, so begnügt man sich im allgemeinen mit der Annahme, dass die obige Spannungsdifferenz durch diejenige Reibung

hervorgebracht wird, welche von der Spannung in Riemen ausgeht und demnach abhängt von dem Reibungskoeffizienten f und dem umspannten Bogen $\alpha = 2 \pi u$ für $\pi = 180^0$ und u die Zahl der Umgänge, so dass z. B. für $u = \frac{1}{2}$ der Bogen $\alpha = \pi = 180^0$ wird. Bedeutet $e = 2{,}71828$ die Basis des natürlichen Logarithmus, so wird diese Reibung im Gleichgewichtszustande gleich $t\, e^{f\alpha}$ und deshalb

$$T = t\, e^{f\alpha} \text{ also } P = t\, e^{f\alpha} - t$$

oder

$$P = t\,(e^{f\alpha} - 1)$$

Da man nun unter den gewöhnlichen Verhältnissen $f = 0{,}28$ und $\alpha = 0{,}8\,\pi$ annehmen kann, so ergiebt sich unter diesen Voraussetzungen die einfache Beziehung:

$$T = 2\,P$$

d. h. die Spannung der treibenden Seite ist doppelt so gross als die zu übertragende Kraft zu machen.

Die Riemen werden in der Regel aus Leder (Kernleder) hergestellt (Lederriemen), neuerdings auch vielfach aus Baumwollgeweben, vulkanisirtem Kautschuk mit Gewebeeinlage, seltener (wegen der Steifigkeit) aus Drahtgewebe oder Haargeflecht. — Da Lederriemen in feuchten Räumen leicht verderben, so zieht man hier stets Kautschukriemen vor. — Ausserdem bieten letztere mit den Geweberiemen den Vorteil, dass sie in beliebigen Grössen aus einem Stücke bestehen, während Lederriemen von erheblichen Abmessungen (Länge, Breite, Dicke) aus mehreren, oft sehr vielen Stücken durch Nähen zusammengesetzt werden müssen, da ihre natürlichen Dimensionen beschränkt sind. — Die Verbindung der Riemen zu einem endlosen Bande erfolgt mit Ueberblattung der abgeschrägten Enden durch Nähen mittels Pechdraht oder Kronlederriemchen, durch Zusammenschrauben mittels besonderer Riemenschrauben, und durch Niete, oft in Verbindung mit einem Kitt; ohne Ueberblattung also mit stumpfen Kanten ebenfalls mittels Nähen oder sog. Krapfen mit Krallen und Riemenschlösser aus Schmiedeisen.

Die Riemenräder (Riemenscheiben, Riemenrollen) (Fig. 96) erhalten die S. 45 angegebene Grundform mit dem Unterschiede, dass die

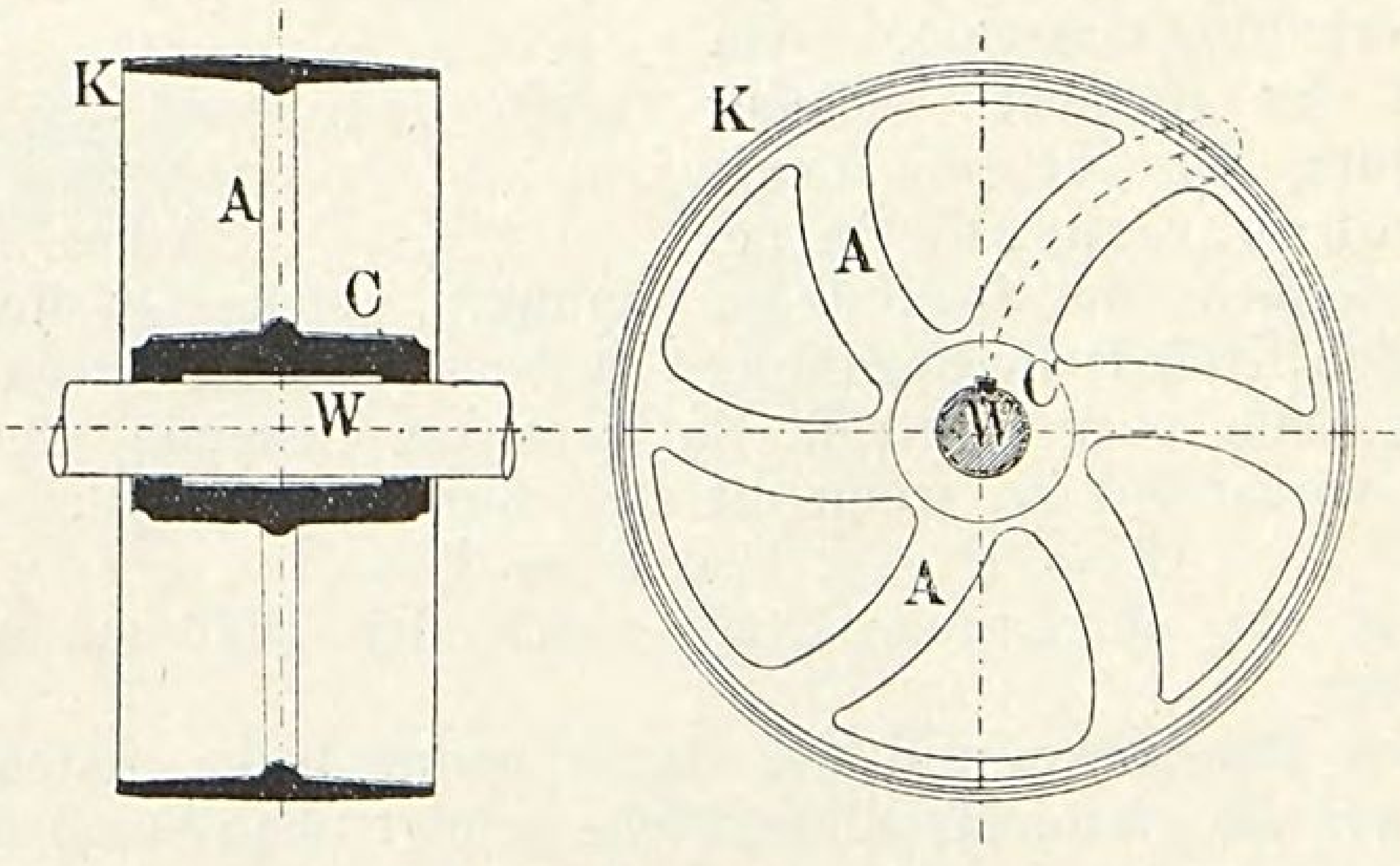


Fig. 96.

Kranzoberfläche mit etwa $\frac{1}{20}$ der Riemenbreite als Pfeilhöhe tonnenförmig (ballig) gewölbt wird, um das Ablaufen des Riemens zu verhüten. Bei vertikalen Wellen erhalten die Rollen auch wohl einen Rand, der das Ab-

fallen des Riemens beim Stillstand verhindert. — Bezeichnet man mit b die Riemenbreite und mit B die Kranzbreite, mit r den Halbmesser der Scheiben und rechnet als mittlere Riemendicke $\delta = 6$ *mm*, so nimmt man für gewöhnliche Verhältnisse und einfache Riemen:

$b\ cm = 1{,}8\ \sqrt{P}$ wenn P die Umfangskraft

oder $b\ cm = 15{,}6\ \sqrt{\frac{N}{v}}$ wenn N die Anzahl der Pferdestärken und v die Riemengeschwindigkeit in *m* pro Sekunde

und $B = 1{,}2\ b$, besser $B = 1{,}5\ cm + 1{,}1\ b$.

Für r ist das Uebersetzungsverhältnis mit der Rücksicht massgebend, dass dieser Radius mindestens gleich dem 8fachen des Wellendurchmessers sein soll. — Beachtung verdient der Vorschlag, den Scheibenkranz durch Zusammenleimen ebener Papierringe herzustellen, wegen des dadurch erreichten grossen Reibungswiderstandes ($f = 0{,}36$). — Dass gespaltene oder geteilte Scheiben (S. 45) viel Verwendung finden, wegen der Bequemlichkeit und Leichtigkeit, mit welcher sie auf bereits montirten Triebwellen befestigt werden können, bedarf nur der Andeutung.

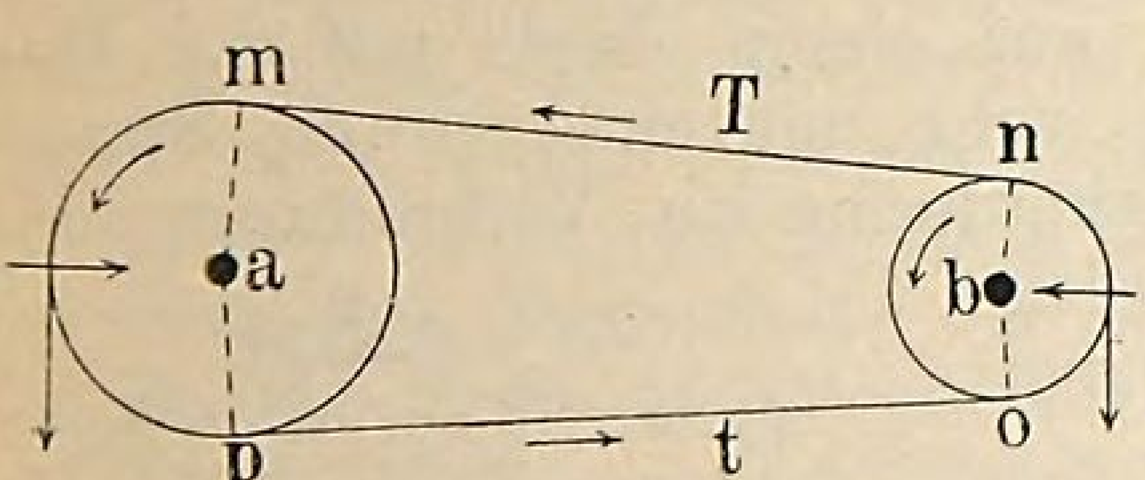


Fig. 97.

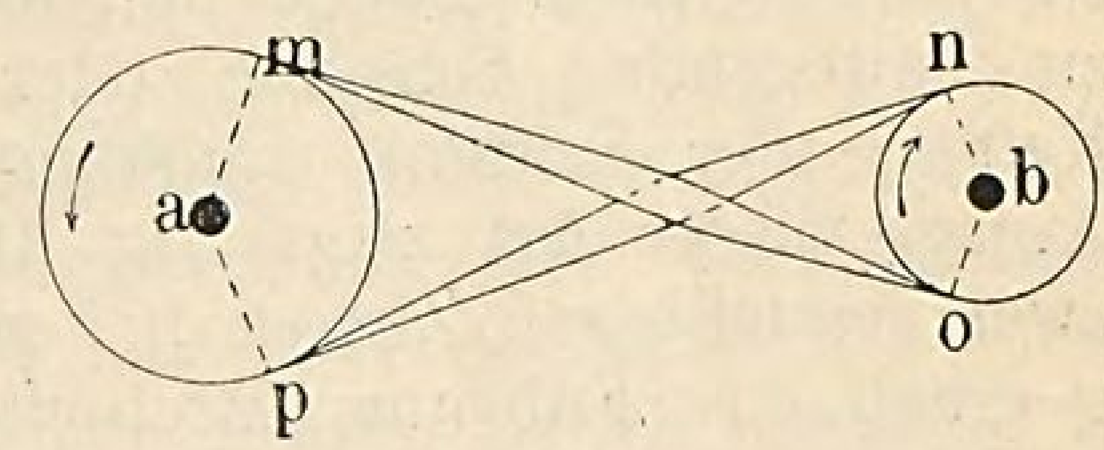


Fig. 98.

Man unterscheidet o f f e n e und g e k r e u z t e (g e s c h r ä n k t e) (Fig. 97 und 98) Riemen, jenachdem der Drehsinn bei den Wellen gleichbleibt oder entgegengesetzt wird. — Die Biegsamkeit der Riemen gestattet eine weitgehende Verwendung derselben besonders in den Fällen, in welchen die Wellen nicht parallel, sondern beliebig geneigt sind. Hierbei ist nur die Regel festzuhalten: d a s s e i n R i e m e n s i c h e r a u f l ä u f t, w e n n d i e M i t t e l l i n i e d e s **auflaufenden** T e i l e s i n d i e M i t t e l e b e n e d e r S c h e i b e f ä l l t. Entweder tritt diese Anordnung naturgemäss ein durch die Lage der Scheiben ohne weiteres, wie bei parallelen oder geschränkten Wellen (Fig. 99), wo sowohl beim Auflauf a als beim Auflauf b diese Bedingung erfüllt wird; dann heisst der Riementrieb s e l b s t l e i t e n d. Oder

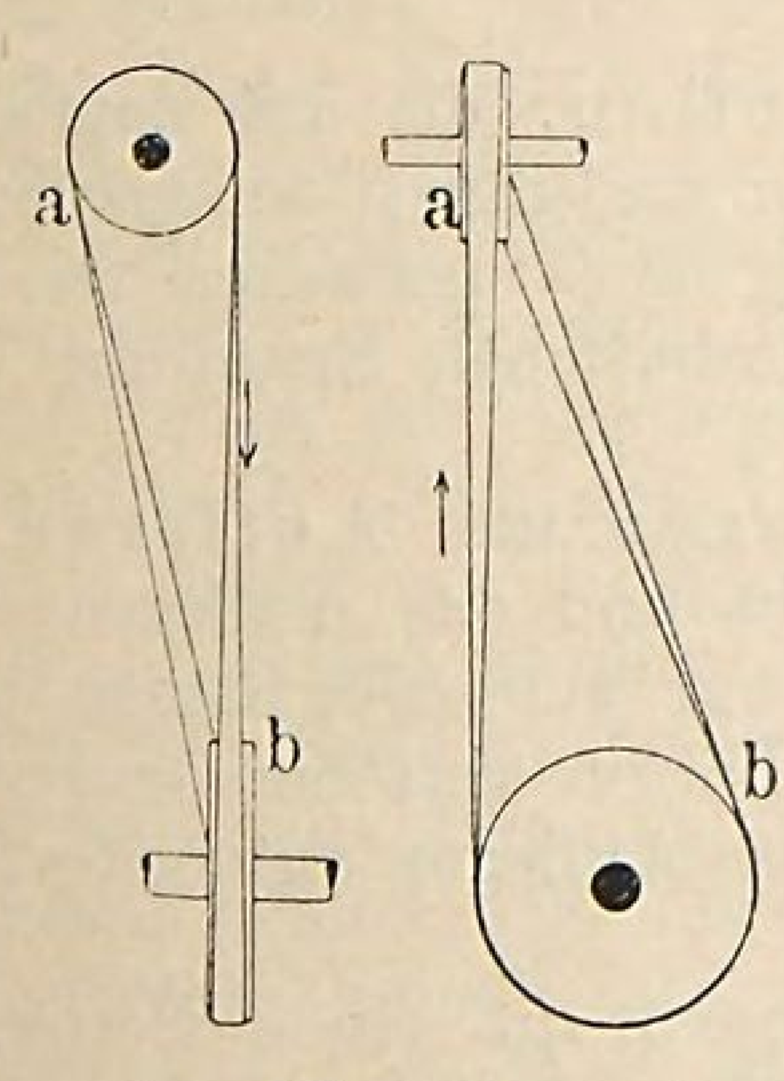


Fig. 99.

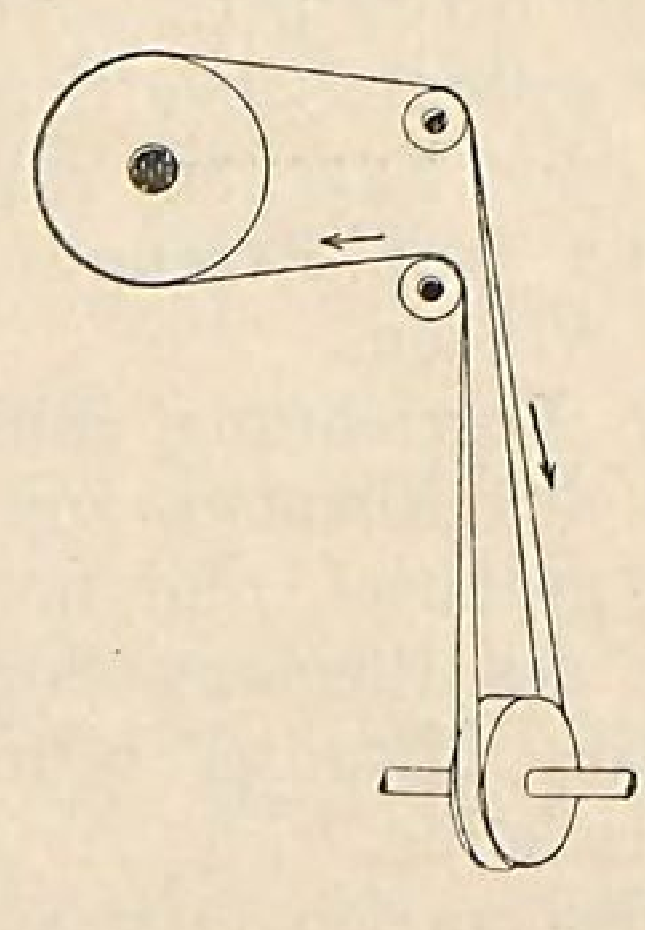


Fig. 100.

es sind zur Erreichung dieser Bedingung Führungsstücke in der Gestalt von Rollen (Leitrollen) notwendig, für welche an und für sich dieselbe Regel Geltung hat, die aber als Zwischenglieder sich fast immer so anbringen lassen, dass der Riementrieb beinahe in allen Fällen Anwendung finden kann; derselbe wird dann der geleitete Riementrieb genannt und durch das Beispiel Fig. 100 verständlich.

Zur Ausgleichung der fast unvermeidlichen Dehnung und der dadurch hervorgerufenen Spannungsverminderung der Riemen dienen oft Druck- oder Spannrollen.

Um einen Riementrieb in und ausser Thätigkeit zu bringen, ohne die Drehung der Welle aufzuheben (Einrückung und Abstellung der getriebenen Welle), benutzt man entweder

1. eine Rückkupplung (S. 28),

2. eine Losscheibe oder Leerscheibe, d. h. eine neben der festgekeilten Riemenscheibe lose auf der Welle sitzende gleiche Scheibe, auf welche mittels eines besonderen Riemenführers (Ausrücker, Riemengabel) der Riemen geschoben wird, wenn die Mitnahme unterbrochen werden soll. Je nach der Oertlichkeit sitzt die Gabel, welche das auflaufende Riemenstück umfassen muss, auf einem direkt mit der Hand zu bewegenden Schieber, oder letzterer steht mit einer durch Stangen, Ketten oder Schnüre zugängigen Hebelanordnung in Verbindung. Eine Anlage dieser Art zeigt Fig. 101. Die aus zwei verstellbaren Zinken i, i gebildete Gabel g erhält ihre Führung durch die Schiene s s vermittels des Winkelhebels a, der mit den zwei Handgriffen h und k verbunden und so eingestellt ist, dass der Riemenführer einen bestimmt abgemessenen Weg zurücklegt.

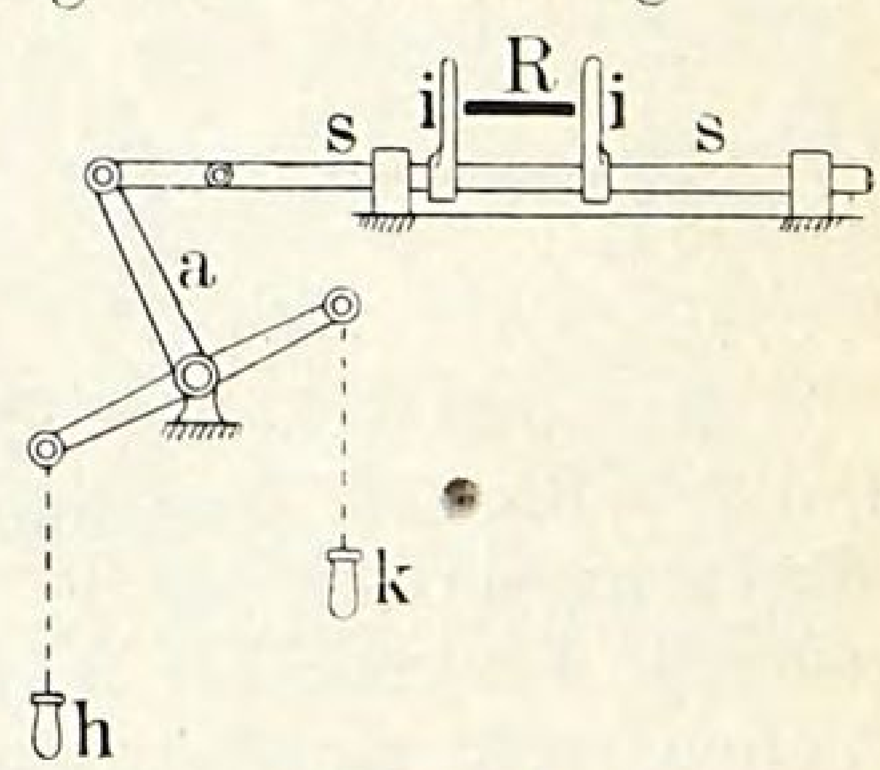


Fig. 101.

Ihrer Einfachheit wegen gehört diese Anordnung des Riementriebes mit Fest- und Losscheibe zu den gebräuchlichsten, zumal sie sich, mit zwei Gabeln und zwei Losscheiben ausgestattet, ohne weiteres dazu eignet, mit einer Bewegung einen offenen und einen gekreuzten Riemen gleichzeitig zu verrücken, um den Drehsinn der getriebenen Welle umzukehren. Selbstverständlich liegt in diesem Falle an jeder Seite der Festscheibe eine Losscheibe von doppelter Kranzbreite und auf der getriebenen Welle eine Riemenrolle von 5facher Breite ohne Wölbung.

3. eine oder mehrere Spannrollen, die auf Zapfen beweglicher Hebel oder exzentrischer Scheiben sitzen und durch entsprechende Drehung der Hebel oder Exzenter zur Aufhebung der Spannung von den Riemen entfernt oder zur Erzeugung der erforderlichen Spannung an dieselben angedrückt werden.

4. eine Vorrichtung zum Abschlagen und Auflegen, welche das Abschieben des Riemens von der Scheibe und das Auflegen desselben auf die letztere gestattet, und in der Regel nur aus einer Stange, die mit einem zum Fassen des Riemens eingerichteten Bolzen versehen und von der Hand benutzt wird. Mitunter befindet sich der Aufleger automatisch wirkend an der Riemenscheibe.

Der Riementrieb lässt sich sehr bequem auf einen Wechsel der Uebersetzung durch eine Anzahl nebeneinander auf der Triebwelle sitzender

Scheiben von abnehmenden Durchmessern einrichten, die mit entsprechenden Scheiben auf der getriebenen Welle korrespondiren. Der Einfachheit halber werden solche Scheiben aus einem Stücke mit einer oder zwei Naben gegossen und heissen dann Stufenscheiben (Fig. 102). Sie finden in der Praxis die ausgedehnteste Verwendung in allen Fällen, wo der Betrieb oft einen schnelleren oder langsameren Gang gewisser Arbeitsmaschinen bei gleichbleibender Geschwindigkeit der Triebwelle fordert. — Die Durchmesser der zusammengehörenden Scheiben sind, wenn möglich, so zu bemessen, dass der Riemen ohne Aenderung seiner Länge dieselbe Spannung behält.

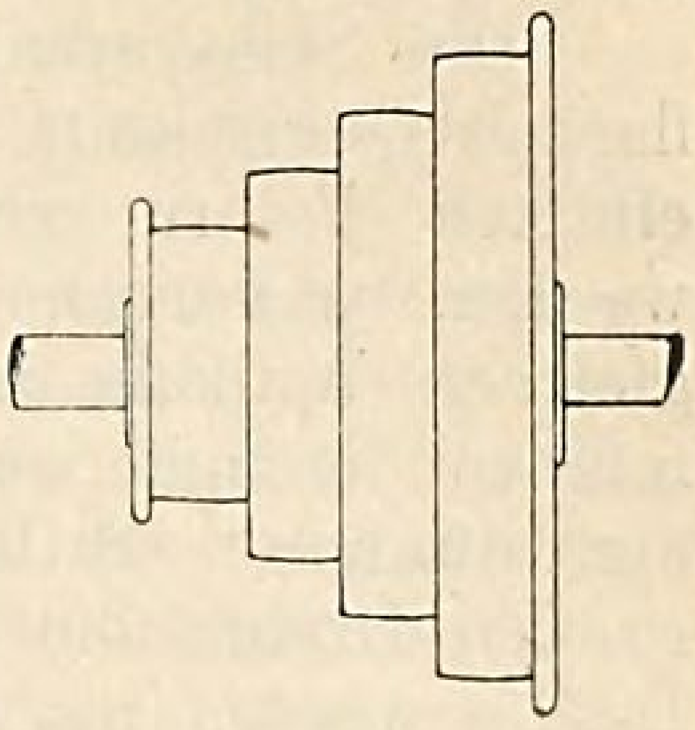


Fig. 102.

An Stelle der Stufenscheiben ordnet man oft zwei kegelförmige Trommeln in entgegengesetzter Lage an, wenn beabsichtigt wird, innerhalb der durch das Kegeldurchmesserverhältnis festgestellten Grenze beliebige Umsetzungen herbeizuführen oder wenn eine kontinuirlich sich ändernde Beschleunigung oder Verzögerung in der Geschwindigkeit eintreten soll, wozu nur eine Verschiebung des Riemens längs der Achse erforderlich ist. — Neben diesen Riemenkegeln finden zum Behufe einer sehr genauen Bewegungsregulirung sog. Expansionsscheiben und Rippenkegel Anwendung. Erstere bilden Scheiben aus einzelnen Segmenten, die sich zur Vergrösserung oder Verkleinerung des Durchmessers radial verschieben lassen Letztere bestehen aus zwei mit den Spitzen einander zugekehrten und bewegbaren Kegeln, welche in der Längenrichtung Schlitze besitzen, womit sie fingerartig in einander greifen und sich gewissermassen durchdringen. Die dadurch gebildete herumlaufende V förmige Nut besitzt einen grösseren oder kleineren Durchmesser, je nachdem die Kegel mehr zusammengeschoben oder auseinander gezogen werden

2. Seilräder.

Zur Uebertragung geringerer Kräfte dienen vielfach statt der Riemen einfache runde Schnüre aus Hanf, gedrehtem Leder, Baumwolle, Darmsaiten oder Drahtspiralen, welche zur Vermeidung des Abschlagens in runden oder keilförmigen Rinnen oder Spuren der Schnurscheiben genannten Räder gehörig gespannt liegen. — Andererseits hat man sich die S. 49 erörterte Wirkung der Keilnut durch sog. Keilriemen zur Umsetzung grösserer Kräfte in der Weise zu Nutze gemacht, dass man einen Riemen an der inneren Seite mit keilförmigen Ansätzen aus 5 bis 10 aufeinander genieteten Lederstücken versieht, die in die Nut eintreten und so weit von einander stehen, dass die Biegung des Leders nicht beeinträchtigt wird.

Der Schnurtrieb bildet den Uebergang zum Seiltrieb, welcher das hervorragendste Mittel zur Uebertragung grosser bewegender Kräfte, insbesondere auch auf grosse Entfernungen geworden ist. — Man unterscheidet zunächst nach dem Seilmaterial wohl Hanfseil- und Drahtseiltrieb, je nachdem Seile aus Pflanzenfasern (italienischer oder russischer Hanf, Jute, Manillahanf, selten Baumwolle) oder aus Metalldraht (Eisen- oder Stahldraht) gewählt werden. — Ausserdem besteht ein bemerkenswerter Unterschied in dem Umstande, dass die Anlage entweder auf dem Prinzip

des gewöhnlichen Riementriebs oder auf dem Prinzip des Einklemmens beruht. Im ersten Falle läuft das endlose Seil wie beim Schnurtrieb aus gleichen Gründen in Rillen, im zweiten Falle dahingegen wie bei den Keilrädern in Keilnuten.

Die Seile erhalten in der Regel einen kreisrunden, seltener einen flachen Querschnitt. Damit die in den Seilen durch Zusammendrehen vereinigten Fasern oder Drähte gleichmässig angespannt und beansprucht werden, ist vor allem darauf zu sehen, dass sie eine gleiche, also unter gleichen Winkeln ansteigende Lage erhalten. Um diese zu ermöglichen, müssen die Seile aus dünneren Schnüren oder Drahtlitzen, dickere Seile aus dünneren Seilen zusammengesetzt werden — Zur Anfertigung von runden Drahtseilen benutzt man Drähte von 0,6 bis 5 *mm* Dicke; sechs Drähte werden um eine nachgiebige Hanfschnur (Kern, Hanfseele) zu einer Litze gesponnen und sechs Litzen wiederum um eine Hanfseele zu einem Seil geschlagen, das also aus 36 Drähten besteht und je nach der Drahtdicke δ in der Stärke wechselt. Der grossen Biegungswiderstände wegen ist es gerathener, beim Drahtseiltrieb für Uebertragung grosser Kräfte statt eines starken Seiles mehrere dünnere neben einander anzuwenden, und als äusserste Grenze des Seildurchmessers 20 *mm* festzuhalten, sowie auch die Drahtdicke von 2 *mm* nicht zu überschreiten. Bei 6×6 Drähten ist der Seildurchmesser $D = 9\ \delta$. — Das Flachseil oder Bandseil wird ebenfalls aus einzelnen Litzen hergestellt, indem diese nebeneinander liegend mit Stiften oder durchflochtene Drähte ihren Zusammenhang bekommen.

Der Drahtseiltrieb findet vornehmlich zur Uebertragung von bewegenden Kräften auf grössere Entfernungen ausgedehnte Anwendung, da der Abstand zweier Seilrollen ohne weitere Unterstützung des Triebseiles bis 120 *m* betragen kann. Infolge solcher grösseren Entfernung unterliegt das lose auf die Rollen gebrachte Seil durch sein Gewicht einer Senkung, welche ihrerseits im Seile diejenige Spannung hervorbringt, die zur Erzeugung einer die Uebertragung der Triebkraft bewerkstelligenden Reibung ausreicht. Die Grösse der letzteren wird daher auch auf dieselbe Weise ermittelt, wie bei den Riemenscheiben (S. 51). Die Seilspannung T in *kg* hängt von dem Gewicht des frei gespannten Teiles und dem Pfeil h ab und wird bestimmt durch die allgemeine Gleichung:

$$T = \frac{g\ l^2}{2\ h}$$

wenn g das Gewicht eines Meters in *kg* und 2 l die Achsenentfernung bedeutet und wenn eine Lage der Achse in gleicher Horizontalebene angenommen wird. Im führenden Trum ist annähernd auch hier wie beim Riementrieb die Spannung

$$T = 2\ P$$

für die Umfangskraft P.

Das Gewicht des Seiles muss von dem Tragzapfen der Seilscheiben aufgenommen werden; da dasselbe proportional der Dicke also der Tragfähigkeit des Seiles ist und letztere die zulässige und zur Erzeugung der Reibung zugleich ausreichende Spannung bestimmt, so ist bei dem Drahtseiltrieb von den Mitteln (Keilnuten) zur Entlastung der Achszapfen abzusehen. Der gewöhnlich gusseiserne Kranz einer Drahtseilscheibe (Fig. 103)

erhält daher eine Rinne a mit aufsteigenden Rändern, welche das Abschleudern des Seiles verhindern und zur Verhütung von Seilreibung und Abnutzung nach aussen um etwa 40 bis 45° divergiren. Desgleichen werden zur Schonung des Seiles und Erzielung günstiger Reibungsverhältnisse die schwalbenschwanzförmigen Rinnen mit weichem Material (Lederstücken, Guttapercha) ausgefüttert, oder mit geteerten Hanfschnüren ausgewickelt.



Fig. 103.

Durch das Biegen des Seiles entsteht eine zu überwindende Seilspannung, welche um so kleiner wird, je grösser der Halbmesser r der Seilscheibe gewählt ist. Um diese Spannung dem Elastizitätsmodul des Materials entsprechend zu erhalten, gibt man gewöhnlich dem Seilscheibendurchmesser das 175 fache des Seildurchmessers. — Weil also stets sehr grosse Scheiben erforderlich sind, so werden dieselben zweckmässig nur bis 1 *m* Durchmesser ganz aus Gusseisen, über 1 *m* hinaus aus gusseisernem Kranz K (Fig. 104), gusseiserner Nabe M und schmiedeisernen Armen A angefertigt.

Im allgemeinen findet der Drahtseiltrieb nur Anwendung, wenn Triebkräfte auf mindestens 20 *m* Entfernung übertragen werden sollen, weil bei kleineren Abständen das Seilgewicht nicht zur Erzeugung der nötigen Spannung ausreicht. — Ueberschreitet die Entfernung jedoch 120 *m*, so ist eine Unterstützung durch Tragrollen anzuordnen. Zweckmässiger ist jedoch, zur Vermeidung langer Seile, die Anbringung von Doppelscheiben auf Zwischenstationen, wodurch die ganze Anlage in mehrere kleinere zerfällt und zugleich die Möglichkeit einer Geschwindigkeitsänderung und Kraftverteilung gegeben ist. — Die Seilgeschwindigkeit v richtet sich nach der Grösse der zu übertragenden Triebkraft und beträgt:

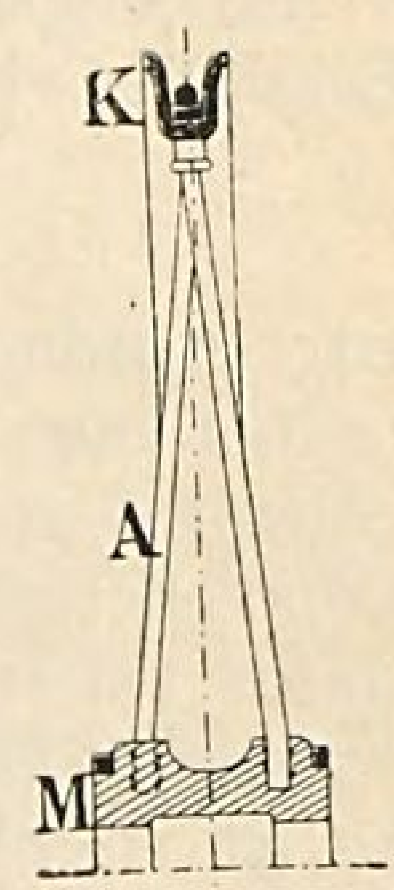


Fig. 104.

bei geringen Kräften	(10 bis 20 Pferdest.)	6 bis 10 *m*	in der Sekunde
„ grösseren „	(20 „ 50 „)	12 „ 20 „	„ „ „
„ sehr grossen „	(50 „ 100 „)	20 „ 25 „	„ „ „

Ist die Umfangskraft P, so beträgt die Anzahl N der übertragbaren Pferdestärken

$$N = \frac{v \cdot P}{75}$$

Zur Uebertragung von P =	40	60	100	150	185	225	*kg*
genügt ein Seildurchmesser D =	7	10	13	15	18	20	*mm.*

Der Hanfseiltrieb wird überall vorteilhaft verwendet, wo es sich um Uebertragung grosser Kräfte auf kleinere Entfernungen handelt, wo also Riemen sehr breit oder dick ausfallen würden. Da jedoch das wegen der geringen Länge verhältnismässig geringe Gewicht des Hanfseiles nicht im stande ist, die zur Ueberwindung grösserer Widerstände erforderliche Spannung im führenden Trum hervorzubringen, so besteht dementsprechend zwischen dem Draht- und Hanfseiltrieb der Unterschied, dass beim letzteren die Seilscheiben (Fig. 105) stets mit Keilnuten n, n, n, n ausgestattet sind, in welchen sich die Seile einklemmen, damit auf die S. 49 erklärte Art bei geringerer Spannung eine grosse Reibung ermöglicht wird, deren Grösse sich nach der ebenfalls S. 49 gegebenen Gleichung bestimmt.

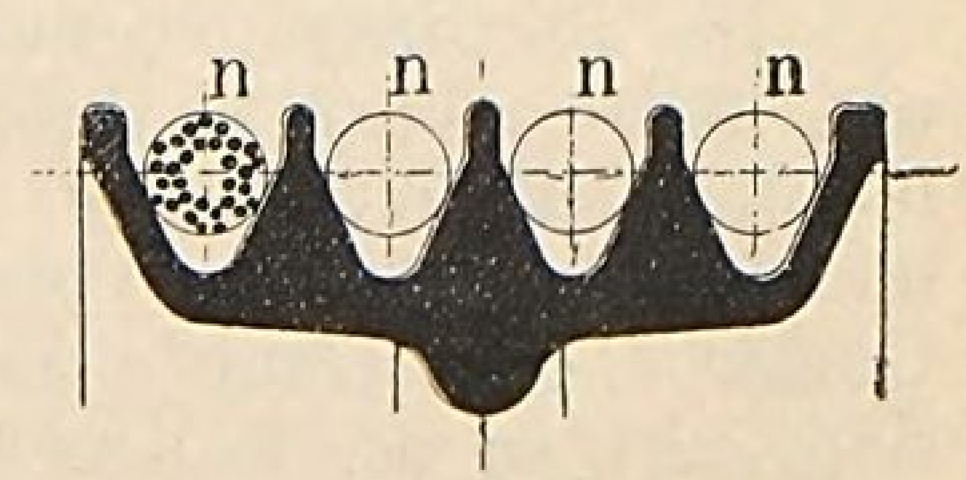


Fig. 105.

Um ein genügendes Einklemmen ohne einen erheblichen Widerstand beim Herausziehen des Seiles aus der Nut zu bewirken, macht man den Keilwinkel $\beta = 40$ bis 50^0, und um die Seilbiegungswiderstände klein zu erhalten, gibt man den Seilscheiben einen recht grossen Durchmesser, leitet den Seilbetrieb z. B. mit Vorliebe von den mit Rillen versehenen Schwungrädern der Dampfmaschinen ab. Der Scheibendurchmesser sollte mindestens gleich dem 30fachen des Seildurchmessers sein. Letzterer bestimmt sich natürlich aus der Grösse der Umfangskraft und bedarf

eine Umfangskraft P	von	30	42	57	75	96	120 *kg*
ein Hanfseil	„	25	30	35	40	45	50 *mm* Durchmesser
mit einem Scheibendurchmesser von		1000	1200	1400	1600	1800	2000 *mm*.

In Pferdestärken ausgedrückt überträgt (S. 57) ein Seil $N = \frac{P \cdot v}{75}$, wenn v die Seilgeschwindigkeit bedeutet. Da nun v zwischen 15 bis 20 *m* in der Sekunde wechselt, aber 20 *m* nicht überschreiten soll, so wird allgemein

$$N = \frac{15}{75} P \text{ bis } \frac{20}{75} P$$

zur Auffindung der Seilstärke benutzt. — Zur Vermeidung dicker Seile ordnet man fast immer mehrere dünnere neben einander an, weshalb die Scheiben gewöhnlich mehrere (3 bis 30 u. m.) Spuren nach Art der Fig. 105 erhalten und dadurch dem Seiltrieb ein bestimmtes Gepräge geben. — Mitunter verwendet man für Seile bis 20 *mm* Durchmesser als Material Baumwolle. — Befindet sich der Seiltrieb in feuchten Räumen oder im Freien, so ist zu berücksichtigen, dass sich die Seile bei Aufnahme von Feuchtigkeit kürzen und im Freien jedenfalls eines Schutzes bedürfen.

C. Zahnräder.

Nach S. 47 erfolgt mittels Zahnräder die Uebertragung von Bewegung und Kraft dadurch, dass die Zähne zweier Räder der Reihe nach aufeinander treten und sich infolge des Tangentialdruckes P um die Drehachsen, also in Kreisen vor einander herschieben. — Befinden sich dabei die Zähne auf Cylinderflächen und setzen demnach parallele Achsen in Drehung, so heissen sie Stirnräder oder Gerade Räder. Sind dahingegen die Grundkörper Kegel zum Umtriebe zweier sich in einer Ebene schneidenden Achsen, so nennt man sie Kegel- oder Winkelräder. Für kreuzende Achsen bilden die Grundkörper der Räder Hyperboloide, wonach die Räder Hyperbelräder genannt werden, welchen sich die Schraubenräder unmittelbar anreihen.

1. Stirnräder.

Die Stirnräder (Gerade Räder) finden am häufigsten Verwendung und liefern zudem in ihrer Anordnung zugleich die Konstruktionsgrundlage für die anderen Räder. — Man kann sie einteilen in solche mit äusserer und solche mit innerer Verzahnung, jenachdem ihre Zähne auf der äusseren Umfläche des Kranzes also von der Mitte abwärts gerichtet angebracht sind, oder an der Innenfläche des Kranzes und der Mitte zugekehrt sitzen.

A. *Aussenräder.* — Die aussen verzahnten Räder (Fig. 106) sind die wichtigsten, da sie die Regel bilden.

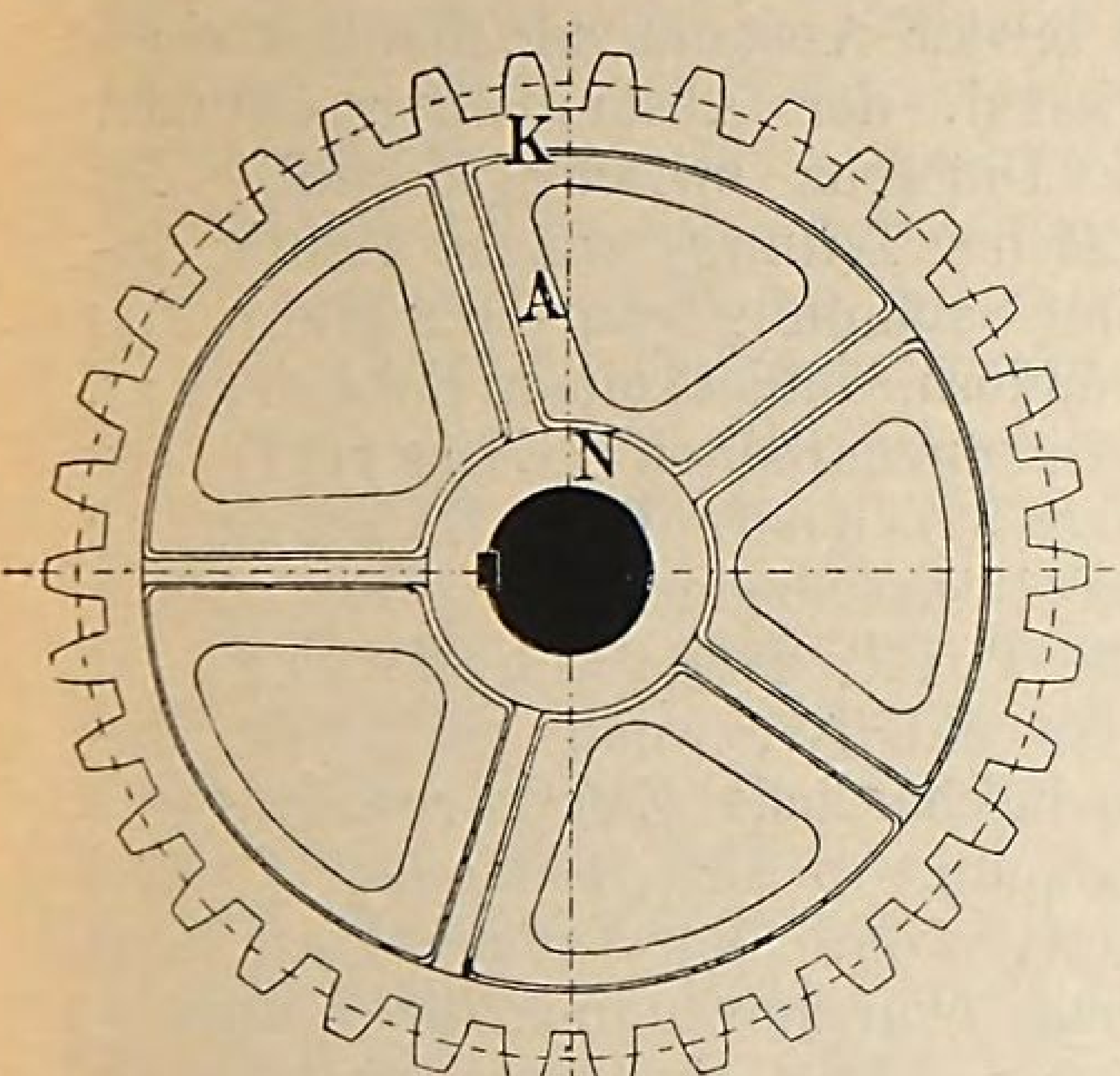


Fig. 106.

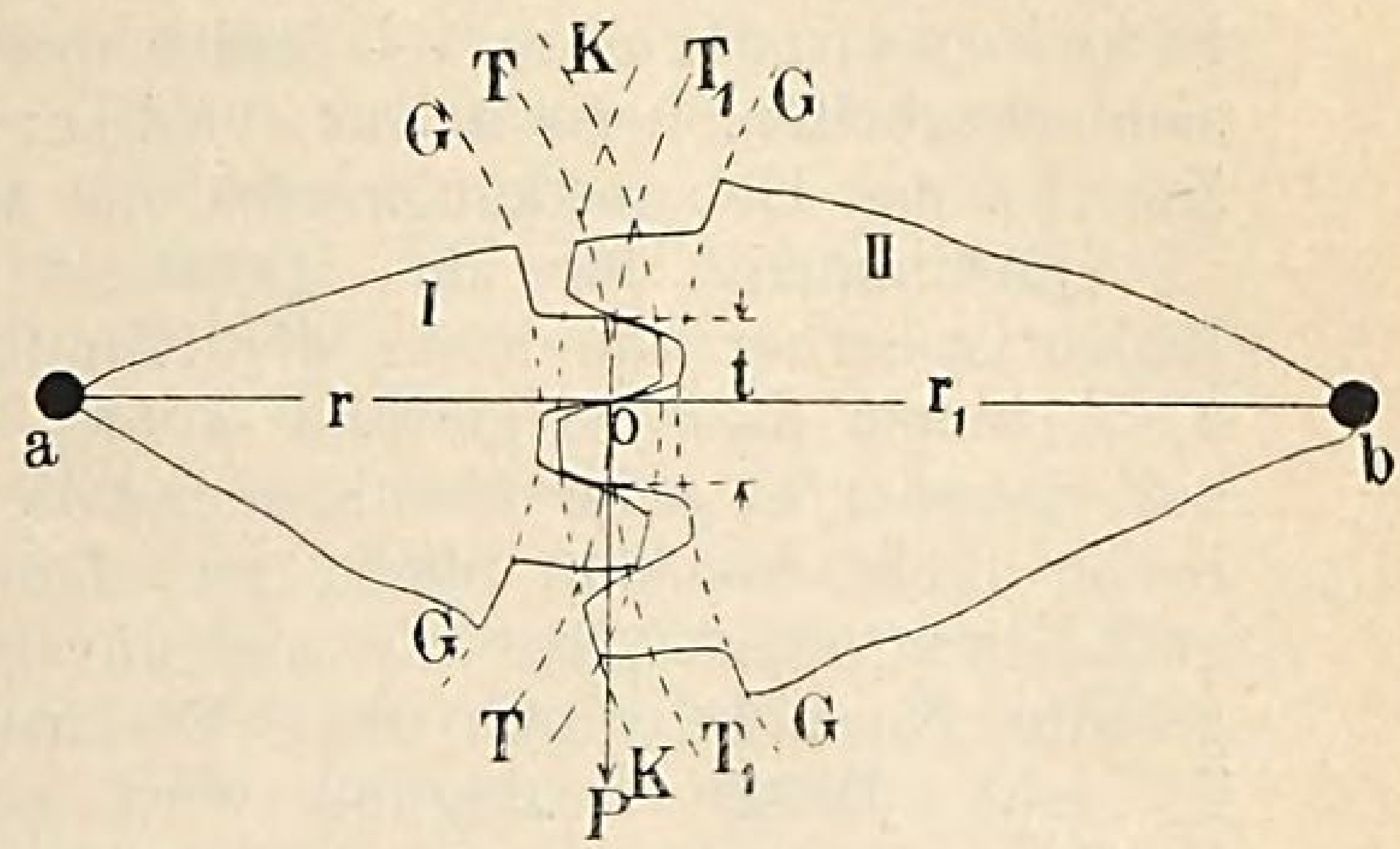


Fig. 107.

Derjenige Punkt o (Fig. 107), in welchem sich zwei Zähne der beiden Räder I und II vom Halbmesser r = a o und r_1 = b o in der Zentrallinie a b berühren, wird Momentanachse genannt und ist massgebend für das Uebersetzungsverhältnis der Räder, weil in diesem Punkte die Geschwindigkeiten der zwei auf einander rollenden Kreise r und r_1 gleich sind und sich daraus das Verhältnis der zugehörenden Umdrehzahlen n und n_1 ergiebt:

$$n : n_1 = r_1 : r$$

Aus diesem Grunde heissen auch die in o sich berührenden Kreise T T und T_1 T_1 *Verhältniskreise.*

Um das Uebersetzungsverhältnis konstant zu erhalten, ist — unter der stets vorauszusetzenden Regel, dass die sämtlichen Zähne der in Eingriff stehenden Räder in Grösse und Form gleich sind — die Bedingung zu erfüllen, dass der Abstand zweier Nachbarzähne gleich ist. Dieser Abstand bildet die *Teilung* t und wird auf den genannten Kreisen gemessen, weshalb diese T und T_1 gewöhnlich *Teilkreise* genannt werden. Demnach bestimmt die Teilung zugleich die Zahl $\mathfrak{z}$ der Zähne nach der Beziehung

$$t\,\mathfrak{z} = 2\,r\,\pi \text{ für das eine Rad}$$

$$t\,\mathfrak{z}_1 = 2\,r_1\,\pi \text{ „ „ zweite „}$$

woraus weiter folgt:

$$\mathfrak{z} : \mathfrak{z}_1 = r : r_1.$$

Die Zähne selbst sind prismatische Körper (Fig. 108), welche mit einer Fläche (Sohle 1, 2, 3, 4) auf dem Cylinder G (*Zahnboden*) liegen. Konzentrisch zu dieser Fläche verläuft die obere Fläche (*Zahnscheitel* 5, 6, 7, 8) nach dem Kreise K (*Kopfkreis*). Der Teilkreiscylinder T teilt daher den Zahn in zwei Teile: den *Zahnfuss* zwischen dem Teilkreis T und dem *Grundkreis* G, und den *Zahnkopf* zwischen dem Teilkreis und dem

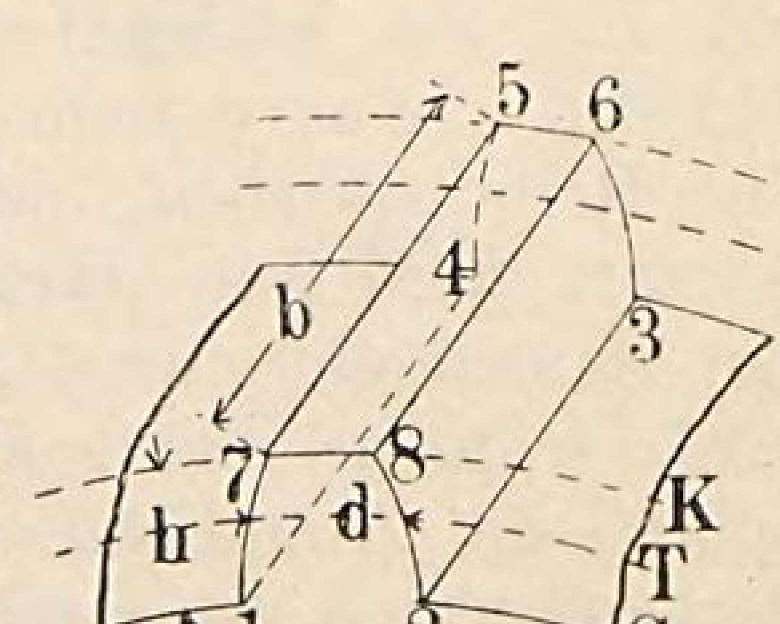


Fig. 108.

Kopfkreis. Die Angriffsseiten der Zähne bilden die Zahnflanken (2, 3, 6, 8 und 1, 4, 5, 7), die Endflächen die Stirne (1, 2, 7, 8 und 3, 4, 5, 6). Der radiale Abstand zwischen Scheitel und Sohle ist die Höhe h, die Entfernung der Stirnflächen die Breite b, der Abstand der Flanken eines Zahnes gemessen im Teilkreise die Dicke d, der Abstand der Flanken einer Lücke die Lückenweite e, die Differenz zwischen d und e der Flankenspielraum. — Räder mit gleicher Teilung, welche richtig zusammenarbeiten, heissen Satzräder; eine Sammlung von Satzrädern zum Zwecke, das Uebersetzungsverhältnis zu ändern, bildet einen Rädersatz.

Bestimmend für das günstige Zusammenarbeiten (Eingriff) der Räder ist ferner die Form der Zahnflanken (Zahnprofil, Zahnkurve 2, 8), indem diese so gewählt werden muss, dass beim Gleiten der Zähne auf einander in jeder Berührungsstelle die Teilkreisgeschwindigkeit beider Räder konstant bleibt, was dann der Fall ist, wenn bei jeder Eingriffstellung der Zähne die auf die gemeinschaftliche Zahnkurventangente gefällte Normale durch den Berührungspunkt o der Teilkreise T und T_1 geht. Dieser Bedingung wird genügt, wenn die Zahnflanken nach Cykloiden oder Radlinien verlaufen, weshalb man gewöhnlich die Zahnprofile nach einer gemeinen Cykloide oder nach einer Evolvente wölbt (Cykloiden- und Evolventen-Verzahnung). — Infolge des Gebrauchs von Formmaschinen und anderen mechanischen Hilfsmitteln ist die Herstellung der Zähne so wesentlich erleichtert, dass der oft übliche Ersatz der Radlinien durch einen entsprechenden Kreisbogen keine Berechtigung mehr hat. Namentlich soll bei schnellgehenden Rädern auf genaue Zahnformen gehalten werden.

Besonders beliebt sind die Evolventenzähne wegen ihrer einfachen, der Festigkeit sehr günstigen Form, vor allem aber deshalb, weil sie ohne Beeinträchtigung des richtigen Eingriffs eine Schwankung oder Verstellung der Achsenentfernung gestatten, was in einzelnen Fällen, z. B an Walzwerken, Walzenpressen gefordert wird. — Bei den vielfach angewendeten Holzzähnen (Kämmen) erhält gewöhnlich der Zahnfuss eine Begrenzung nach radialen Ebenen, der Zahnkopf nach Cykloiden (Gradflankenverzahnung). — Von anderen Zahnformen sei noch die Triebstockverzahnung erwähnt, bei der statt der Zähne cylindrische Stäbe (Triebstöcke) rechtwinklig auf der Seitenfläche des Radkranzes oft zwischen zwei runden Scheiben angebracht sind (Drehlinge). —

Die Zähne zweier Zahnräder berühren sich während ihrer Eingriffsdauer nur einen Augenblick in der Momentanachse o; demnach fällt auch nur in diesem Augenblicke die beiden Zähnen gemeinschaftliche Berührungslinie mit der Linie gleicher Geschwindigkeit zusammen. Bei jeder anderen Eingriffsstelle ist in der Angriffslinie die Geschwindigkeit des einen Zahnes von der des anderen infolge eines anderen Halbmesserverhältnisses verschieden. Aus diesem Grunde gleiten die Zähne auf einander und erzeugen eine Reibungsarbeit, deren Grösse u. a. von der Eingriffsdauer abhängt. Letztere wird nun durch den Zentriwinkel bestimmt, den die Teilung mit den Radien einschliesst, und um so kleiner, je kleiner die Teilung gewählt wird, je mehr Zähne also ein Rad erhält. Da aber aus Festigkeitsrücksichten die Zahndicke und somit die Teilung nicht beliebig vermindert werden kann, so erreicht man eine Vermehrung der Zähne, indem man mehrere Zahnreihen so neben einander auf dem Zahnboden anordnet, dass

deren Zähne um $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ etc. der Teilung treppenartig gegen einander versetzt sind (Stufenverzahnung). Hieraus sind die White'schen Räder (Stufenräder) hervorgegangen, bei welchen die Zähne schräg über die Sohle gelegt sind, so dass die eine Stirnfläche gegen die andere um die Teilung vorsteht, der Zahn demnach als Teil eines Schraubenganges angesehen werden kann (Schraubenrad), der aus einer unendlich grossen Anzahl unendlich schmaler Zähne zusammengesetzt und theoretisch ohne Gleiten arbeitet. Um den bei diesen Zähnen schädlich auftretenden einseitigen Druck in der Achsenrichtung aufzuheben, ordnet man sie nun gegewöhnlich in zwei entgegenstehenden Reihen (Winkelzähne) an, in welcher Form sie immer mehr und mehr Anwendung finden, da sie zugleich einen äusserst gleichmässigen Gang bewirken.

Man stellt die Zahnräder hauptsächlich aus Gusseisen, oft aus Gussstahl, mitunter aus Phosphorbronze oder Messing her und demnach in der Regel durch Giessen, in einzelnen Fällen auch durch Ausfräsen der Zahnlücken aus vollen Kränzen. Um bei einem unvermeidlichen Schadhaftwerden einzelner Zähne das ganze Rad nicht erneuern zu brauchen, erhält bei schnellaufenden Rädern vielfach eines derselben (gewöhnlich das treibende) auswechselbare Zähne, die allgemein (Fig. 109) aus Weissbuchenholz angefertigt, durch Aussparungen des Kranzes gesteckt und mittels Holzkeile k oder Durchsteckstifte i festgehalten werden.

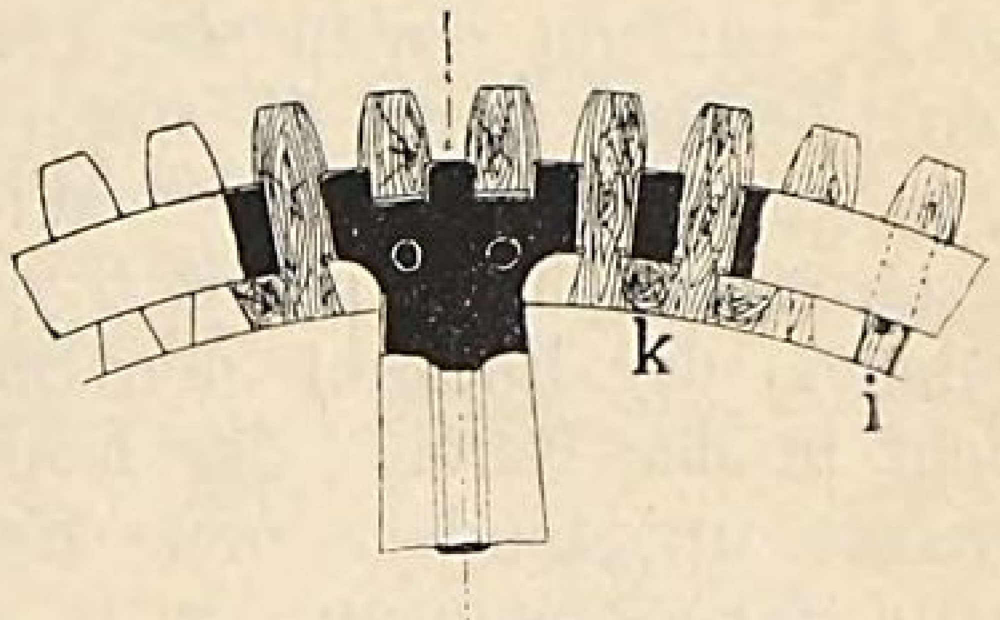


Fig. 109.

Die Bestimmung der Zahndimensionen erfolgt auf Grund der Thatsache, dass ein Zahn als ein rechteckiger Balken angesehen werden kann, an dessen äusserem Ende (Scheitel) die zu übertragende Kraft P wirkt und dass demzufolge die Festigkeitsgleichung

$$P\,h = \frac{b\,d^2\,\mathfrak{S}}{6}$$

unter der Voraussetzung besteht, dass die Dicke an der Wurzel von der Teilkreisdicke d nicht verschieden ist. Aus der Gleichung, in welcher $\mathfrak{S}$ die zulässige Materialspannung bedeutet, wird d bestimmt, wenn das Verhältnis b : d bekannt oder angenommen wird. Dieses Verhältnis richtet sich nach der zu übertragenden Kraft, sowie der zu erwartenden Abnutzung und wird zweckmässig in jedem einzelnen Falle nach der Erfahrung mit der Rücksicht auf möglichst kleine Teilung gewählt. Als Anhaltspunkt kann dienen, dass gewöhnlich genommen wird:

für Triebwerksräder durchschnittlich $b = 6\,d$
„ Kranräder „ $b = 5\,d$.

Des Spielraumes wegen wird ferner $d = 0{,}48\,t$
also kleiner als die halbe Teilung genommen.

Ausserdem ist die Zahnhöhe $h = 0{,}7\,t$
wovon die Kopfhöhe $k = 0{,}3\,t$
und die Fusshöhe $f = 0{,}4\,t$
sowie der Spielraum $e = 0{,}04\,t$.

Als zulässige Beanspruchung ist ferner zu nehmen:

für Gusseisen $\mathfrak{S} = 300$ *kg* für Stahl $\mathfrak{S} = 900$ *kg* auf 1 *qcm*
„ Schmiedeisen $\mathfrak{S} = 600$ „ „ Holz $\mathfrak{S} = 100$ „ „ 1 „

B. Innenräder. — Die übrigens nur selten angewendeten Räder mit Innenverzahnung unterscheiden sich von den Aussenrädern in der Grundlage dadurch, dass sich die Verhältnis- oder Teilkreise nicht ausserhalb sondern innerhalb berühren. Für die Teilung, Zahnform, Zahndimensionen gilt dasselbe, was für die Aussenräder angeführt ist. — Bemerkt sei nur, dass bei einem Eingriff eines gewöhnlichen Stirnrades mit einem innenverzahnten Rade die Drehrichtung beider Räder gleich ist. Wegen dieser Eigenschaft und weil bei demselben Uebersetzungsverhältnis die Radachsen um den Durchmesser des Aussenrades näher zusammenrücken, werden Innenräder mitunter notwendig oder doch vorgezogen.

C. Zahnstangen; Daumen. — Die Zahnstangen lassen sich als Zahnräder mit unendlich grossem Halbmesser auffassen, weshalb ihre Bewegung keine drehende mehr sein kann, sondern eine geradlinige wird. Dementsprechend dient die Zahnstange in vielen Fällen zur Umsetzung einer Drehbewegung in eine geradlinige und umgekehrt. Der Natur dieser Eigenschaft gemäss ist die Bewegung auch eine wechselnde, deren Grösse von der Länge der Verzahnung abhängt. — Stattet man die Zahnstange nur mit einem einzigen Zahn aus, so wird das Maass der Verschiebung bedingt durch die Eingriffsdauer eines Radzahnes mit dem Stangenzahn d. h. von der Zahnhöhe. Wird nun die Teilung auf dem Rade und des letzteren Geschwindigkeit so gross gewählt, dass in dem Augenblicke, in welchem der Radzahn den Stangenzahn verlässt, ein zweiter Radzahn noch nicht in das Bereich der Kopflinie der Zahnstange gelangt ist, so kann die letztere ungehindert ohne Kehrbewegung des Rades an seine Ursprungsstelle zurückgelangen, z. B. infolge der Wirkung einer gespannten Feder, eines Gewichtes, eines Luftpuffers u. dergl. Dadurch entsteht die Möglichkeit, die einseitige Drehrichtung eines Zahnrades zur Kehrbewegung einer Stange zu benutzen. Man nennt in diesem Falle die Radzähne Daumen, bringt in der Regel nur 2 bis 6 Daumen auf dem Rade (Daumenscheibe) an und bedient sich dieser Einrichtung besonders zum Heben von Stampfen, welche durch ihr eigenes Gewicht niederfallen, sowie zur Hervorbringung von abwechselnden Schwingungen eines Hebels um eine horizontale Achse, z. B. bei den sog. Hammerwalken, bei Hebelhämmern, bei gewissen Steuerungen u. dergl.

2. Kegelräder.

Die Kegelzahnräder I und II (Fig. 110) besitzen als Grundkörper Kegelstumpfe, deren Achsen mit dem Kreuzpunkte a der Wellen zusammenfallen. Die Verhältnis- oder Teilkreise begrenzen die Grundflächen der Grundkegel. Der Achsenwinkel α kann beliebig gross sein, beträgt aber in der Regel 90°, da man andere Grössen möglichst vermeidet. Die Zahnkörper sind abgestumpfte Pyramiden, deren Profile überall geometrisch ähn-

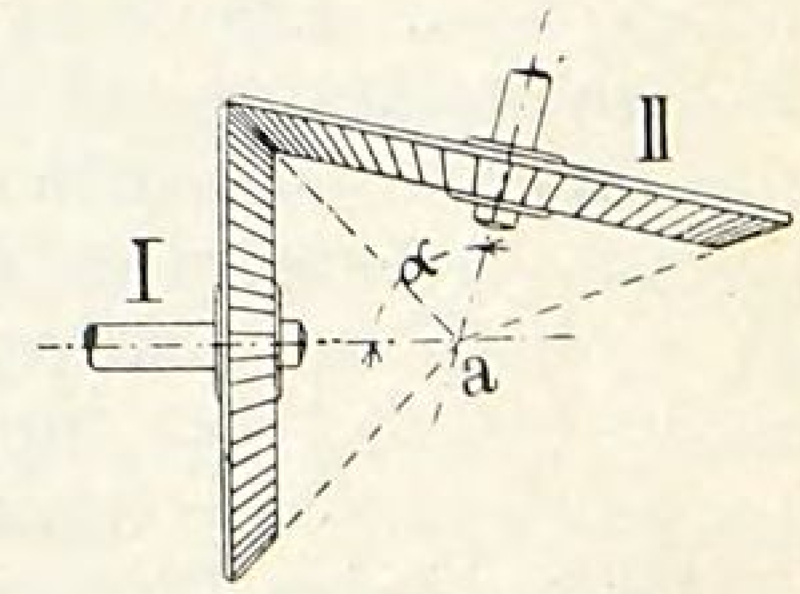


Fig. 110.

lich und nach den bei den Stirnrädern erörterten Regeln gebildet sind. Auch die Berechnung der Teilung der Zahndimensionen u. s. w. erfolgt wie bei den Stirnrädern.

3. Hyperbelräder, Schraubenräder.

Der Grundkörper der Hyperbelräder ist das Rotationshyperboloid, da eine gleichmässige Bewegungsübertragung auf sich kreuzende (windschiefe) Wellen nur durch das Rollen zweier solcher Hyperboloide möglich ist, welche sich in der geraden (erzeugenden) berühren. Ihrer schwierigen Herstellung und grossen Reibungsverluste wegen sucht man diese Räder, wo nur möglich, dadurch zu umgehen, dass man die windschiefen Wellen vermittels einer Zwischenwelle und Kegelräder in Verbindung setzt.

Dahingegen findet vielfach zur Uebertragung grösserer Kräfte zwischen zwei sich rechtwinklig im Raume kreuzenden Achsen das Schraubenrad oder Schneckenrad A (Fig. 111) mit der Schraube ohne Ende oder Schnecke B Anwendung. Hierbei greift das Gewinde einer kurzen Schraube B zwischen die zu dem Zwecke um den Steigungswinkel der Schraube schief gestellten Zähne des Rades A, so dass bei einer Umdrehung der Schnecke das Rad sich um eine Teilung dreht, woraus sich das Uebersetzungsverhältnis ergiebt, welches die Anwendung des Schneckengetriebes nur zweckmässig erscheinen lässt, wenn es sich darum handelt, eine Drehung ins Langsame und eine Kraft ins Grosse umzusetzen.

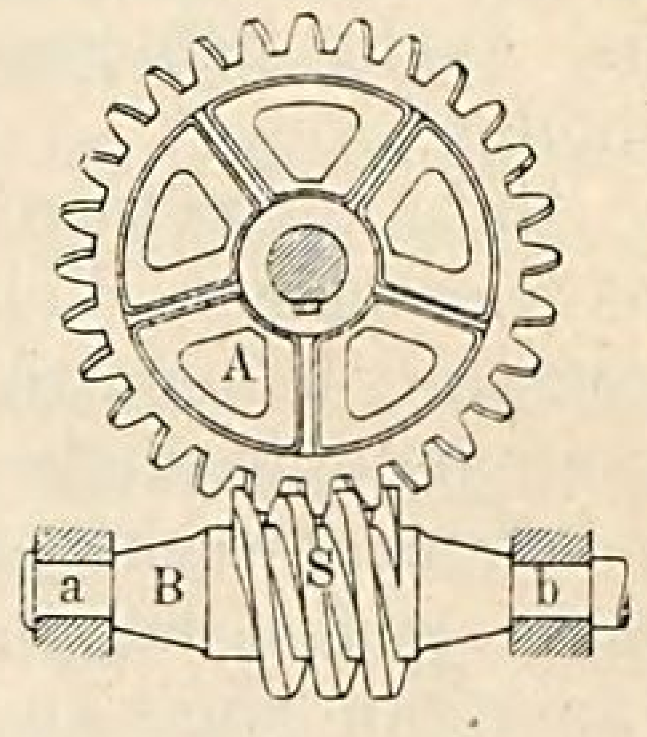


Fig. 111.

4. Kettenräder.

Kettenräder sind Zahnräder, welche nicht unmittelbar, sondern dadurch zum Eingriff gebracht werden, dass man ein Zwischenglied (Treibkette) um die Räder legt, welches aus gelenkig verbundenen Teilen (Glieder) zusammen-

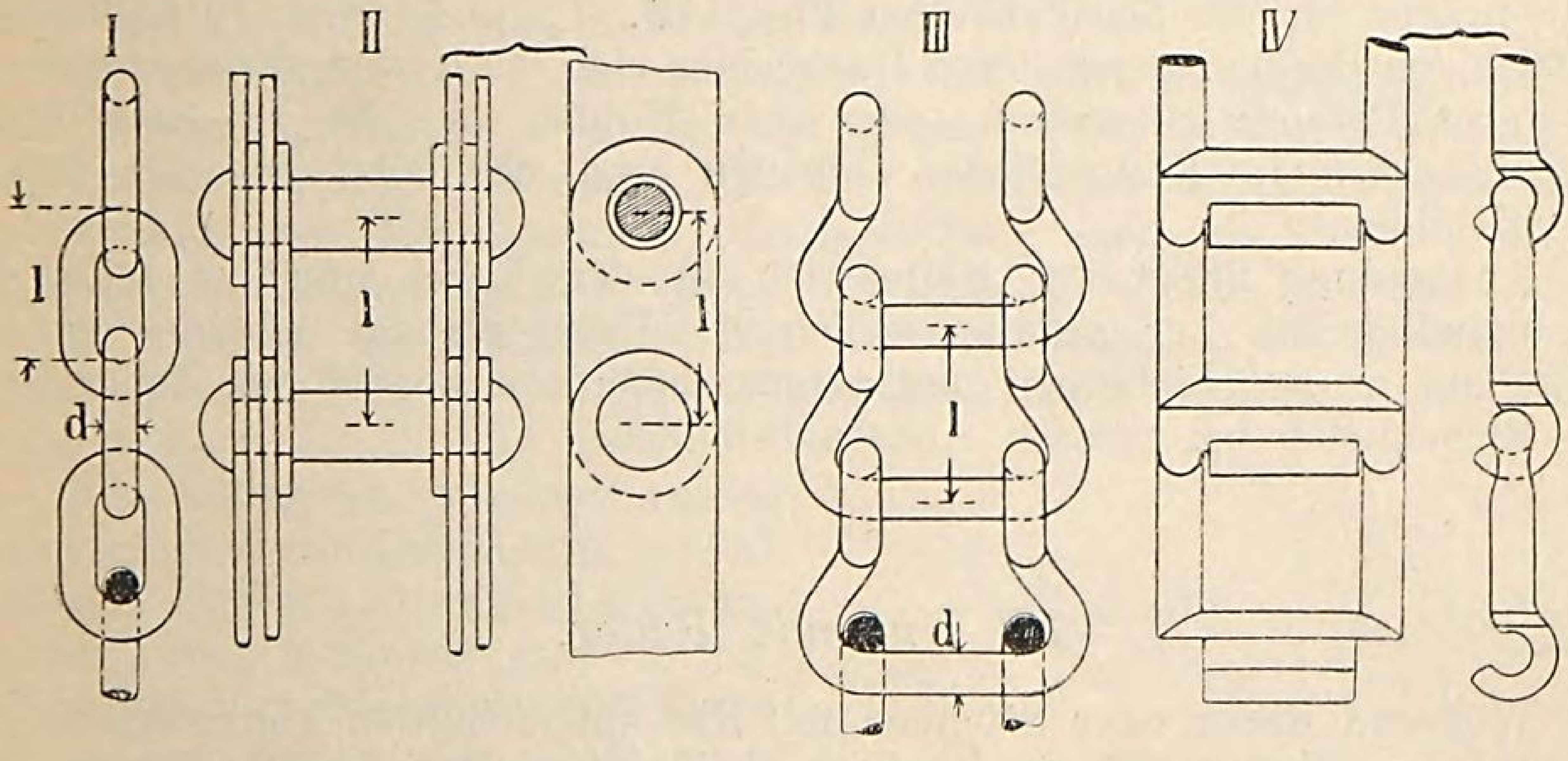


Fig. 112.

gesetzt ist, die so angeordnet sein müssen, dass sie sicher über die Zähne fassen. Aus dem Grunde werden die Treibketten kalibrirt, d. h. die Glieder bezüglich ihrer Länge (Baulänge l) genau unter sich und der Zahnteilung gleich gemacht. Die hier in betracht kommenden Ketten werden entweder durch Zusammenschweissen runder Schmiedeisenstäbe, oder eine gelenkige Verbindung von kurzen Flacheisenstäben (Laschen), oder durch Aneinanderhängen besonders geformter Glieder aus Draht oder Weichguss hergestellt und wie folgt unterschieden.

1. Gewöhnliche Gliederketten (Schakenkette) (Fig. 112, I), bei welchen die aus Rundeisen gebogenen O förmigen Glieder (Schaken) in einander gehängt und verschweisst werden.

2. Stegketten sind Schakenketten, deren Glieder durch Stege (⊖) eine Versteifung erhalten haben

3. Laschenketten, Gall'sche oder Gelenkketten (Fig. 112, II), die aus schmalen Schienen s mit durchgestecktem Bolzen a bestehen.

4. Haken- oder Vaucanson'sche Ketten (Fig. 112, III), deren aus Draht gebogene Glieder durch Ineinanderhängen ihre Vereinigung erhalten.

5. Amerikanische oder Stotz'sche Ketten (Fig. 112, IV), welche aus viereckigen Weichgussgliedern dadurch gebildet werden, dass die zapfenartig und hakenartig geformten Endseiten der Glieder von der Seite her in einandergeschoben werden. —

Zum Zwecke der Bewegungsvermittelung d. h. als eigentliche Treibketten stehen hauptsächlich die Ketten Fig. 112, III und IV in Gebrauch. Nur wenn zugleich grössere Kräfte übertragen oder Lasten gehoben werden sollen, giebt man den Gelenkketten und Schakenketten (Fig. 112, II und I) den Vorzug.

Die Konstruktion der Kettenräder muss darauf Bedacht nehmen, dass die Ketten nicht ins Gleiten kommen und auch nicht plötzlich, stossartig in Anspruch genommen werden. Aus dem Grunde sind die Radkränze entweder mit Zähnen versehen, welche in die Kettenglieder eintreten und nach der Baulänge l der letzteren als Teilung von einander gestellt, oder mit Mulden ausgestattet (Muldenräder), in welche sich die Kettenglieder einlegen. Räder mit Zähnen dienen für die Ketten Fig. 112, II, III, IV; Muldenräder für die Schakenketten Fig. 112, I, und zwar entweder mit keilförmigen Rinnen, gegen deren Innenseiten sich die Kettenglieder stemmen, um durch Reibung zu wirken, oder mit Mulden, welche so ausgebildet sind, dass sich die Kettenglieder einbetten und ebenfalls eine Art Zahneingriff bilden.

Anwendung findet der Kettentrieb in der Regel nur bei mässigen Geschwindigkeiten; er gestattet jedoch die Uebertragung beliebig grosser Kräfte mit grosser Sicherheit und ersetzt daher mit Vorteil den Zahnräder- und Riementrieb bei grossen Achsenabständen.

II. Unrunde Räder.

Während Räder oder Scheiben mit Kreisquerschnitten konzentrisch auf Achsen oder Wellen befestigt und nur befähigt sind, die Bewegung der Achsen in einem konstanten Verhältnisse auf andere Achsen zu übertragen,

besitzen unrunde Räder die Eigenschaft, diese Bewegung mit periodisch veränderter, demnach abwechselnd beschleunigter und verzögerter Geschwindigkeit zu vermitteln, wenn die Voraussetzung erfüllt wird, dass die Summe der in die Zentrallinie fallenden Radien stets gleich ist (S 44). — Der einfachste hier in betracht kommende Fall ist derjenige, in welchem zwei exzentrisch auf Achsen sitzende Kreis- oder Ellipsenscheiben zusammenwirken, weil dabei sich die Geschwindigkeitsänderung während einer Umdrehung auf- und absteigend wiederholt.

Ist die Grundform der Räder ein Drei-, Vier- oder Viel (n) -Eck, so entspricht einer Periode $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_n$ Umdrehung, wonach sich demnach die Wahl der Seitenzahl bestimmt. — Der Sicherheit für die Uebertragung wegen werden die unrunden Räder fast nur mittels Verzahnung, selten mittels Andruck oder Reibung zum Angriff gebracht.

Den unrunden Rädern sind noch jene Uebertragungsorgane anzureihen, welche Schnecken- und Kurvengetriebe genannt werden. — Unter Schneckengetriebe ist hier eine Einrichtung verstanden, bei welcher ein Seil oder eine Kette von einem Kegel (mit und ohne Rillen) auf- oder abgewickelt wird, um die konstant zu- und abnehmende Geschwindigkeit periodisch auf andere Teile zu übertragen (Schnecke in Uhren, Einzugsschnecke bei selbstthätigen Spinnmaschinen u. dergl.).

Kurvengetriebe nennt man solche Bewegungsorgane, bei welchen die Art der Bewegung (Grösse, Geschwindigkeit und Richtung) dadurch bestimmt wird, dass der eine Teil längs bestimmt geformter Flächen des anderen Teiles (Leitflächen, Führungsflächen) und in stetiger Berührung mit denselben, also zwangläufig, sich zu bewegen hat. — Die Leitflächen werden entweder ohne weiteres durch die Umflächen drehender Scheiben (Kurvenscheiben) und Oberflächen von Schienen (Kurvenschienen) oder von Nuten gebildet, welche auf den ebenen Flächen von Scheiben (Nutenscheiben), auf den Umflächen von Cylindern (cylindrische Nutenscheiben) oder an und zwischen Leitschienen (Kulissen) angebracht sind.

Bei den Kurvenscheiben und Kurvenschienen erfolgt der zur Zwangläufigkeit notwendige Andruck durch eine äussere Kraft (Federn oder Gewicht); bei den Nutenscheiben dahingegen dienen feste Bahnen zur Erzeugung der zwangläufigen Bewegung. — Hieraus ergiebt sich in dem einen und in dem anderen Falle die Wahl.

Da mit Hilfe des Kurvengetriebes nicht nur Bewegungen, sondern auch Bewegungswechsel jeder Art mit grosser Sicherheit und Genauigkeit hervorzubringen sind, so findet dasselbe namentlich an Arbeitsmaschinen (Spinnmaschinen, Nähmaschinen, Drehbänken), dann als Steuerorgan an Dampfmaschinen und dergl. vielfach Verwendung. — Bei bestimmt ausgeprägten Formen der Umflächen oder Bahnen erhalten die Scheiben etc. auch bestimmte Namen z. B. Herzscheiben, runde Drei- und Vierecke u. s. w.

Am häufigsten kommen solche Nutenscheiben zur Anwendung, welche nach den in Fig. 113 und 114 dargestellten Typen konstruirt sind. In Fig. 113 besitzt die rotirende Scheibe S, die Nut a auf der ebenen Fläche, in Fig. 114 befindet sich die Nut a auf

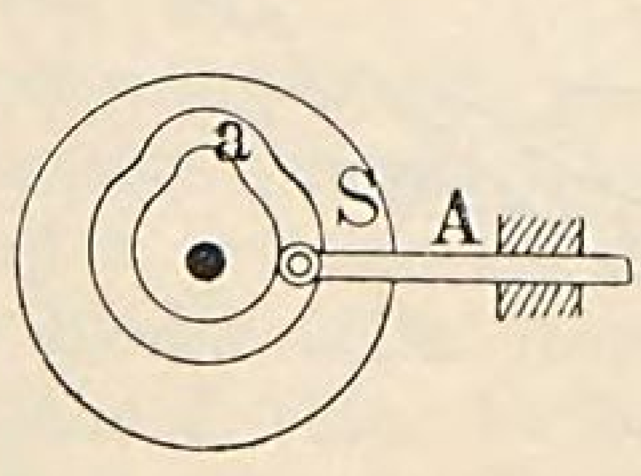


Fig. 113.

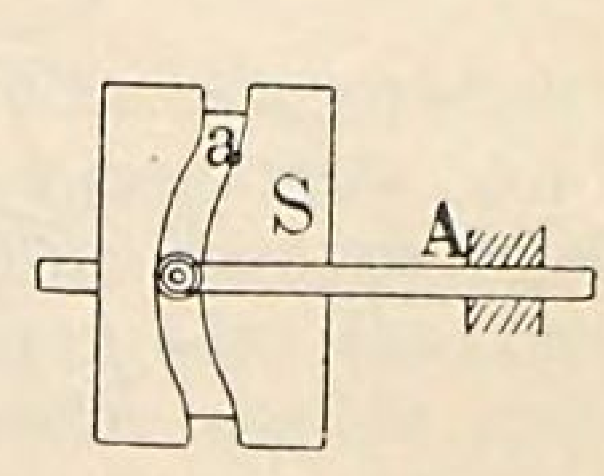


Fig. 114.

der Mantelfläche des Cylinders S. In die Nut tritt eine an der Stange A befestigte Rolle und folgt dem Laufe der Nut, so dass die Stange eine durch die Nutbahn genau festgesetzte Bewegung annimmt, welche beliebig durch Hebel, Schwingen u. dergl. an andere Organe übertragen werden kann (Schaltung an Stossmaschinen, Drehbänken, Nähmaschinen u. s. w.)

Viertes Kapitel.

Sperrwerke, Hemmwerke, Schaltwerke, Bremswerke, Federn.

Bei vielen in Bewegung befindlichen Getrieben fordert die Eigenart ihres Zweckes und ihrer Zusammensetzung besondere Massnahmen zur Verhinderung nicht beabsichtigter Bewegungen oder Vorrichtungen zur periodischen Unterbrechung oder Erteilung, sowie zu einer nicht an Zeitperioden gebundenen Mässigung oder augenblicklichen Einstellung einer Bewegung. Zur Erfüllung dieser Bedürfnisse dienen ausser den S. 29 erörterten Ein- und Ausrückvorrichtungen Sperrwerke, Hemmwerke, Schaltwerke, Bremswerke.

I. Sperrwerke.

Die Sperrwerke oder Gesperre sind Anordnungen, welche die Bestimmung haben, Bewegungen dadurch zu verhindern, dass sie mit den bewegten Teilen widerstandsfähige Körper in Berührung bringen, welche an denselben einen genügend grossen, der Bewegungsrichtung entgegengesetzten Widerstand hervorrufen, indem sie sich entweder gegen feste Vorsprünge (Zähne) legen, oder durch festen Andruck mittels Reibung wirken (Zahngesperre und Reibungsgesperre).

Die üblichste Konstruktion eines Sperrwerkes besteht in der Anbringung von Zähnen, zwischen welche eine Falle (Sperrklinke, Sperrkegel) rechtzeitig einfällt. Je nachdem sich die Zähne auf der Umfläche einer Scheibe oder auf der Oberfläche einer Stange befinden, unterscheidet man Sperrad (Fig. 115) und Sperrstange (Fig. 116). — Die Form der

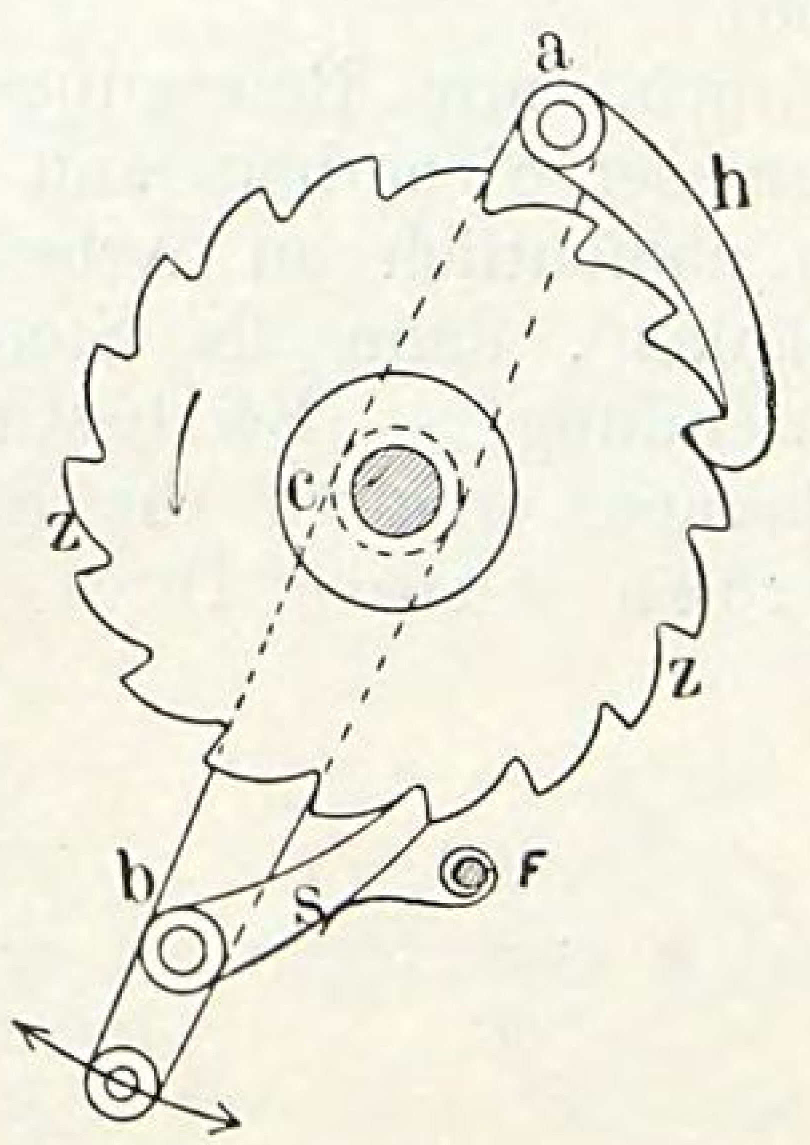


Fig. 115.

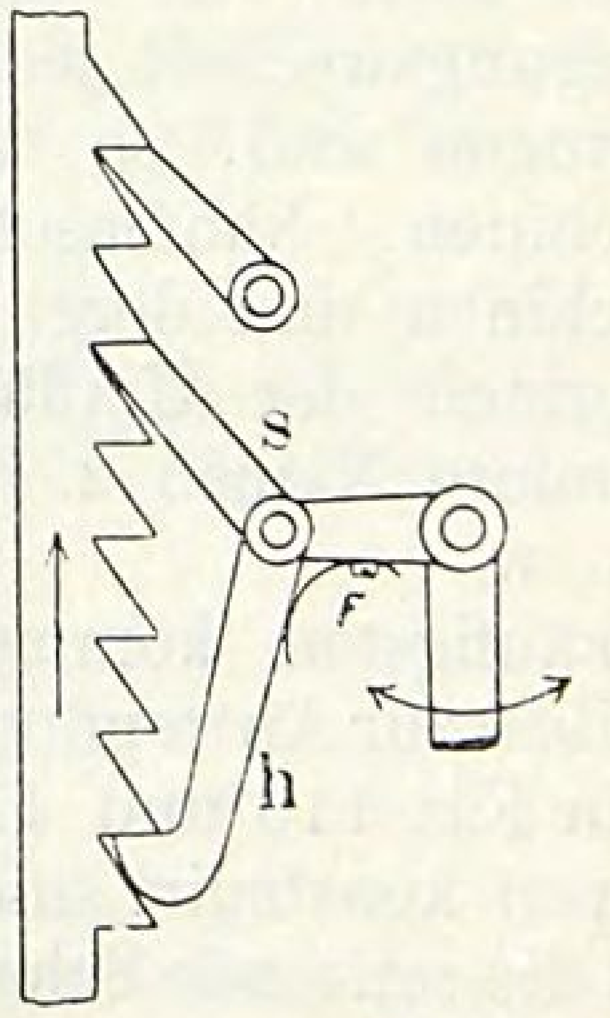


Fig. 116.

Sperrzähne hängt davon ab, ob die Sperrung nur gegen eine oder gegen beide Bewegungsrichtungen in Wirkung treten soll (einseitige oder zweiseitige Sperrung). Im ersten bilden die Zähne dreiseitige Prismen z, so dass sich die Klinke s oder der Sperrhaken h mit einer geraden Fläche gegen eine Zahnseite stemmt, bei der Vorwärtsbewegung (in der Pfeilrichtung) des Rades oder der Stange von dem nachfolgenden Zahne jedoch wieder ausgehoben wird, und somit kein Hindernis für das Vorrücken des Rades etc. abgiebt (laufendes Gesperre). — Im zweiten Falle haben die Zahnprismen vier Seiten, wovon zwei radial stehen und die Klinken viereckige Nasen, so dass zum Auslösen des Gesperres besondere Vorrichtungen notwendig werden (ruhendes Gesperre). — Zu den ruhenden Gesperren gehört auch die Schraube ohne Ende mit dem Schraubenrad (S. 63), da das letztere — unter der Voraussetzung, dass der Schraubensteigungswinkel kleiner als der Reibungswinkel ist — sich nicht ohne Drehung der Schraube zu bewegen vermag (Selbstsperrung). — Bei den Zahnsperrwerken mit Klinken ist die geringste Grösse der Sperrbewegung gleich der einem bestimmten Zentriwinkel angehörenden Teilung. Beabsichtigt man eine Sperrung bei kleinerem Drehwinkel und derselben Teilung, so bringt man 2, 3 u. s. w. Klinken hintereinander an, welche um $^1/_2$, $^1/_3$ u. s. w. der Teilung gegen einander versetzt sind und der Reihe nach einfallen. —

Das Einfallen der Sperrklinke erfolgt entweder durch das Gewicht der letzteren selbst oder — wenn hierfür eine passende Lage nicht getroffen oder ein genügendes Gewicht nicht angewendet werden kann, eine Feder f.

Wird die Bewegung eines Körpers nach Art des Gesperres durch den Andruck eines zweiten Körpers, also durch Reibung beziehungsweise Klemmung verhindert, so entsteht das Reibungs- beziehungsweise Klemmungsgesperre. Dasselbe kann ebenfalls einseitig oder zweiseitig sein und erhält als Sperrorgan in der Regel einen Schuh oder Backen, welcher an die entsprechende Fläche angedrückt wird, oder eine keilförmige Klinke, die wie bei den Keilrädern (S. 49) in eine Keilnut eintritt, oder Klemmer, welche Teile z. B. einen Radkranz des Sperrades zwischen sich nehmen. Die Anpressung erfolgt in der Regel nach dem durch Fig. 117 veranschaulichten Prinzip. Der zu sperrende Körper A, welcher in der Richtung N nicht ausweichen kann, nimmt, dem Zuge der Kraft P folgend, den gelenkig an der um C beweglichen Stange C B befestigten Schuh B infolge der Reibung f N mit, welche die Kraftkomponente N der Kraft K zwischen B und A hervorbringt. Da nun

$$N = K \cos \alpha$$

ist und also mit der Abnahme des Winkels α wächst, so folgt daraus, dass auch die Reibung mit der Zugkraft P wächst und umgekehrt in dem Augenblicke aufhört, in dem die Kraft P die entgegengesetzte Richtung annimmt, und durch Mitnahme des Schuhes der Winkel α grösser als der Reibungswinkel wird. — Dass diese Wirkung dieselbe bleibt beim Anlegen des Backens B an die Umfläche U oder die Innenfläche J eines Cylinders, ergiebt sich ohne weiteres aus der Figur. — Da bei dem Andruck des Backens B auf das Rad J oder U die Pressung von den betreffenden Zapfen aufgenommen

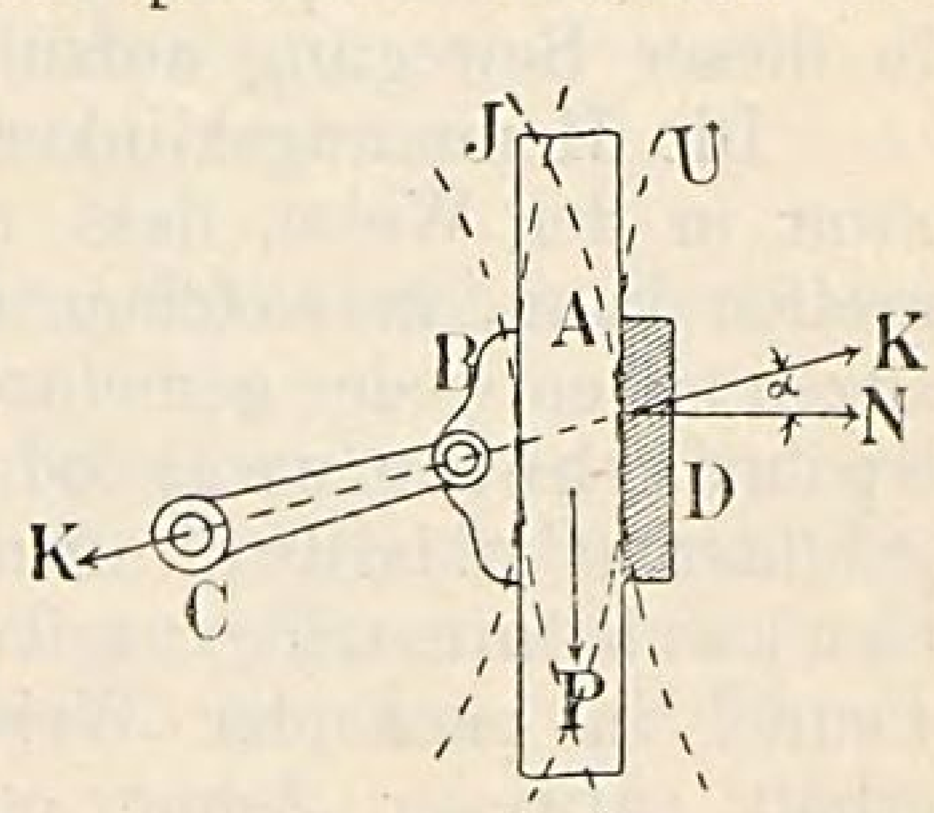


Fig. 117.

wird, so gestaltet man vielfach aus den S. 49 erörterten Gründen den Backen keilförmig und konstruirt die Räder als Keilräder. Derselbe Erfolg lässt sich übrigens auch durch eine Anordnung erreichen, bei welcher zwei Backen und zwar einer an der inneren und der andere an der äusseren Fläche des Kranzes gleichzeitig zum Angriff gelangen. — Die Reibungsgesperre besitzen den Vorteil, dass bei ihnen die Grösse der Sperrbewegung nicht mehr von einer Zahnteilung abhängig ist und demgemäss beliebig gewählt werden kann; besonders aus diesem Grunde finden sie häufig statt der Zahngesperre Anwendung.

Naturgemäss lassen sich bei diesen Gesperren auch umgekehrt die Räder oder Stangen feststellen und die Klinken oder Backen sperren, d. h. längs der Angriffsflächen bewegen und durch Einfallen in die Zähne oder Anpressen an diese Flächen an bestimmten Stellen festhalten (Steuerhebel an Lokomotiv- und Dampfschiffmaschinen, Walzwerken etc.).

II. Hemmwerke.

Als Hemmwerke (Hemmungen) bezeichnet man besondere Sperrwerke, welche dazu dienen, die infolge der Einwirkung einer konstanten Kraft (z. B. Schwerkraft) eintretende Gangbeschleunigung eines Getriebes dadurch zu verhindern, dass ein vorübergehender regelmässig sich wiederholender (taktmässiger) Eingriff in das Getriebe und damit eine Bewegungsunterbrechung des letzteren stattfindet. Sie finden ihre hauptsächlichste Anwendung in sog. Uhrwerken, welche sowohl zur Zeitbestimmung (Uhren) als zur Hervorbringung eines möglichst genauen Ganges verschiedener Registrirapparate, Beobachtungsinstrumente dienen. Diese Hemmungen beruhen auf dem Grundsatze, durch taktmässiges Ausrücken und Einfallen einer Sperrklinke, bewirkt durch eine schwingende Feder (Unruhe) oder ein Pendel, ein Sperrad, welches sich der Klinke entgegenbewegt, momentan in dieser Bewegung aufzuhalten.

Die Hemmungsklinken kommen stets paarweise zur Anwendung und zwar in der Weise, dass die eine Klinke erst in dem Augenblicke eingreifen kann, in welchem die andere den Zahn verlässt. Zu dem Zwecke sitzen sie entweder gemeinschaftlich auf einer schwingenden Welle (Spindel; Spindelhemmung) oder werden als Ausschnitte eines Hohlcylinders gebildet (Cylinderhemmung), oder erhalten die Form eines Ankers (Ankerhemmung); mit Spindel, Cylinder und Anker sind Unruhe oder Pendel in passender Weise verbunden. Das Hemmungsrad (Steigrad) erhält entweder Zähne oder Stifte (Stiftenhemmung), deren Form, Teilung und Stellung sich nach der Hemmungsart richtet. — Erfolgt im Augenblicke der Hemmung ein Zurückweichen des Steigrades, so heisst dieselbe eine zurückspringende, im anderen Falle eine ruhende. — Hemmungen von solcher Einrichtung, dass das Triebmittel (Unruhe oder Pendel) die Schwingungen frei von dem Triebwerk ausführt, indem es sich nach jeder Hemmung von dem Hemmungsapparat frei macht, heissen freie Hemmungen. — Die ausserordentlich grosse Zahl der Hemmungskonstruktionen erklärt sich aus der Möglichkeit, die angegebenen Hemmungsorgane und ihre Wirkungsweisen in zahlreichen Formen zu konstruiren.

III. Schaltwerke.

Unter Schaltwerken versteht man Einrichtungen, welche den Zweck haben, zu bestimmten Zeitintervallen Bewegungen von verhältnismässig kurzer Dauer hervorzubringen. Ihre Bestimmung ist demgemäss derjenigen der Sperrwerke entgegengesetzt, weshalb Schaltwerke im Grunde genommen als Umkehrungen von Sperrwerken angesehen werden können. Ein ausserordentlich viel verwendetes Schaltwerk entsteht, wenn man (Fig. 115 S. 66) die Klinke s oder den Haken h mit einem Hebel a b verbindet, der um die Radachse c in Schwingung versetzt werden kann. Bei jeder Schwingung in der Pfeilrichtung des Rades erhält dieses einen Vorschub (Schaltung), dessen Grösse von der Teilung und vom Schwingungsbogen abhängt und bestimmt wird, weshalb in solchen Fällen, welche Schaltungen von wechselnder Grösse verlangen, auch Reibungsschaltwerke nach dem oben erklärten Prinzip vorzuziehen sind.

Ein oft gebrauchtes Schaltwerk dieser Art ist in Fig. 118 dargestellt. Eine auf der Achse c festsitzende Scheibe ist mit einer Keilnut von 30° Neigung versehen, in welche der Schuh s einfällt. Dieser Schuh sitzt an der Schwinge a c, die infolge der Hinundherbewegung einer an dem Zapfen d angreifenden Stange um die Achse c im Bogen schwingt. Wenn nun die von der in d angreifenden Stange in dem Punkte a zur Wirkung kommende Kraft mit P bezeichnet wird, so bildet sich in bezug auf den Punkt, in welchem s die Scheibe berührt, ein Moment P l, sowie das Gegenmoment Q r, also ist diejenige Pressung, welche in der Nut die Reibung hervorruft:

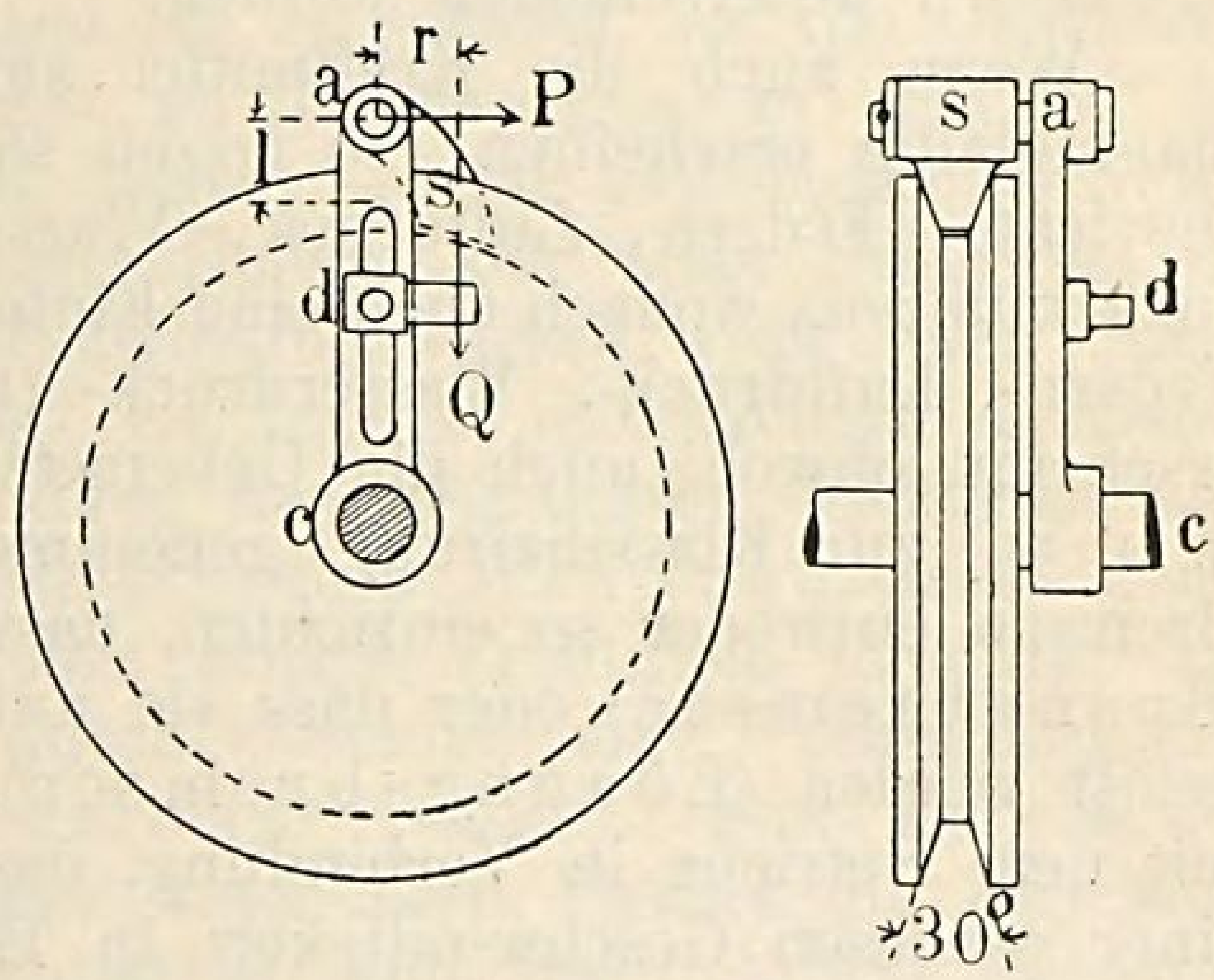


Fig. 118.

$$Q = P \frac{l}{r}$$

woraus folgt, dass zur Erzeugung einer grossen Schubkraft r klein und l gross zu machen ist.

Die Mittel zur Hervorbringung der bei Schaltwerken notwendigen Schwingungen richten sich zwar allgemein nach der Maschine, welcher das Schaltwerk angehört, bestehen aber in der Regel aus Exzentern, Daumen oder Stossknaggen, welche die Schubstangen a c etc. in Hin- und Herbewegung setzen.

IV. Bremswerke.

Mit Bremswerken (Bremsen) bezweckt man die Bewegung gewisser Massen (Fahrzeuge, Aufzüge, Lasten u. dergl.) derart zu mässigen oder aufzuheben, dass man sie stets in der Gewalt hat und nach Bedürfnis zur Ruhe bringen kann. Man benutzt zu ihrer Anordnung den Grundgedanken, „der Bewegung Widerstände entgegen zu setzen, welche die lebendige

Kraft der bewegten Körper zum Teil oder vollständig verzehren" und hat als Widerstand fast ausschliesslich die Reibung in Anwendung gebracht, welche durch Andruck fester Körper an die zu bremsenden Teile erzeugt und in der Weise geregelt wird, dass sie sich dem Bedürfnisse leicht anpassen lässt.

In überwiegender Mehrzahl handelt es sich um das Bremsen rotirender Teile, welches dann stets durch Andruck fester Körper an die Umfläche entweder einer besonders zu dem Zwecke vorhandenen drehenden Scheibe (Bremsscheibe), oder eines auch zu anderen Zwecken bestimmten Rades (z. B. Schwungrad) bewerkstelligt wird. — Selbst bei Körpern mit geradliniger Bewegung (z. B. Aufzügen) bringt man zum Bremsen gewöhnlich Bremsscheiben an, weil ihre Handhabung sich am einfachsten gestaltet.

Als reibende Körper dienen in der Regel entweder Klötze (Backen, Schuhe) oder Bänder (Gurten), wonach Backenbremsen und Bandbremsen unterschieden werden.

Wenn auch die Kraftmittel zur Hervorbringung des Andrucks sehr mannigfaltig erscheinen, so lassen sie sich doch sämtlich auf Handdruck, Gewichte, Federn, Luftdruck, Wasserdruck, Winddruck und Dampfdruck zurückführen, wonach auch eine Einteilung der Bremsen in Hand-, Gewicht-, Federn-, Luftdruck-, Wasserdruck- (hydraulische), Dampf-Bremsen passend erscheint, obwohl auch die Uebersetzungsmittel (Hebel, Schraube, Exzenter u. s. w.) zur Klassifizirung genommen werden. — Ferner kann man die Bremsen entweder so einrichten, dass sie vorübergehend in Wirkung treten (Spannbremsen) oder dass sie ununterbrochen wirken und nur zweiteilig gelöst werden (Lösungsbremsen). — Stehen die Bremsen in der Weise mit dem Getriebe in Verbindung, dass sie von diesem bei Ueberschreitung einer gewissen Geschwindigkeit in Thätigkeit gebracht werden, so nennt man sie selbstthätig oder automatisch. — Der Umstand, dass die Lösungsbremsen sofort in Wirkung treten, wenn die auslösende Kraft plötzlich z. B. durch äussere, den die Bremse bedienenden Arbeiter erschreckende Begebenheiten unterbrochen wird, spricht so sehr zu Gunsten dieser Bremsen, dass sie überall den Vorzug verdienen, wo sie anwendbar erscheinen. Dies ist besonders beim Lastenheben (Winden, Krane) der Fall, weshalb hier am zweckmässigsten die Bremse gelöst wird, während sich die Last bewegt, d. h. eine Lösungsbremse zur Anwendung gelangt.

In einzelnen Fällen z. B. an Eisenbahnfahrzeugen verlangt die Sicherheit des Betriebes gleichzeitige Ingangsetzung sämtlicher oder wenigstens mehrerer vorhandener Bremsen von einer beliebigen Bremse oder Stelle aus. Solche Bremsen, welche eine derartige Verbindung unter einander erhalten, dass ihre gleichzeitige Bethätigung ermöglicht wird, führen den Namen kontinuirliche Bremsen.

A. Backenbremsen.

Die Grundlage einer Backenbremse geht aus Fig. 119 hervor. Der Backen oder Bremsklotz B schliesst sich an die Oberfläche der Bremsscheibe A an und erhält den Andruck N durch die auf den Hebel a b wirkende Kraft K. Dieser Andruck

$$N = K \frac{a\,b}{a\,c}$$

bringt die Reibung f N hervor, welche der auf den Umfang der Scheibe reduzirten Kraft $P = Q \frac{R}{r}$ das Gleichgewicht halten muss, so dass bei

$$f N > P$$

die Ruhe der Scheibe eintritt, während durch Nachlassen von K der Druck N so bemessen werden kann, dass nur ein Teil von P aufgehoben wird. — Um den Reibungskoeffizienten möglichst gross zu erhalten, wählt man als Material zu den Backen in der Regel Holz (Eichen, Buchen, Birken).

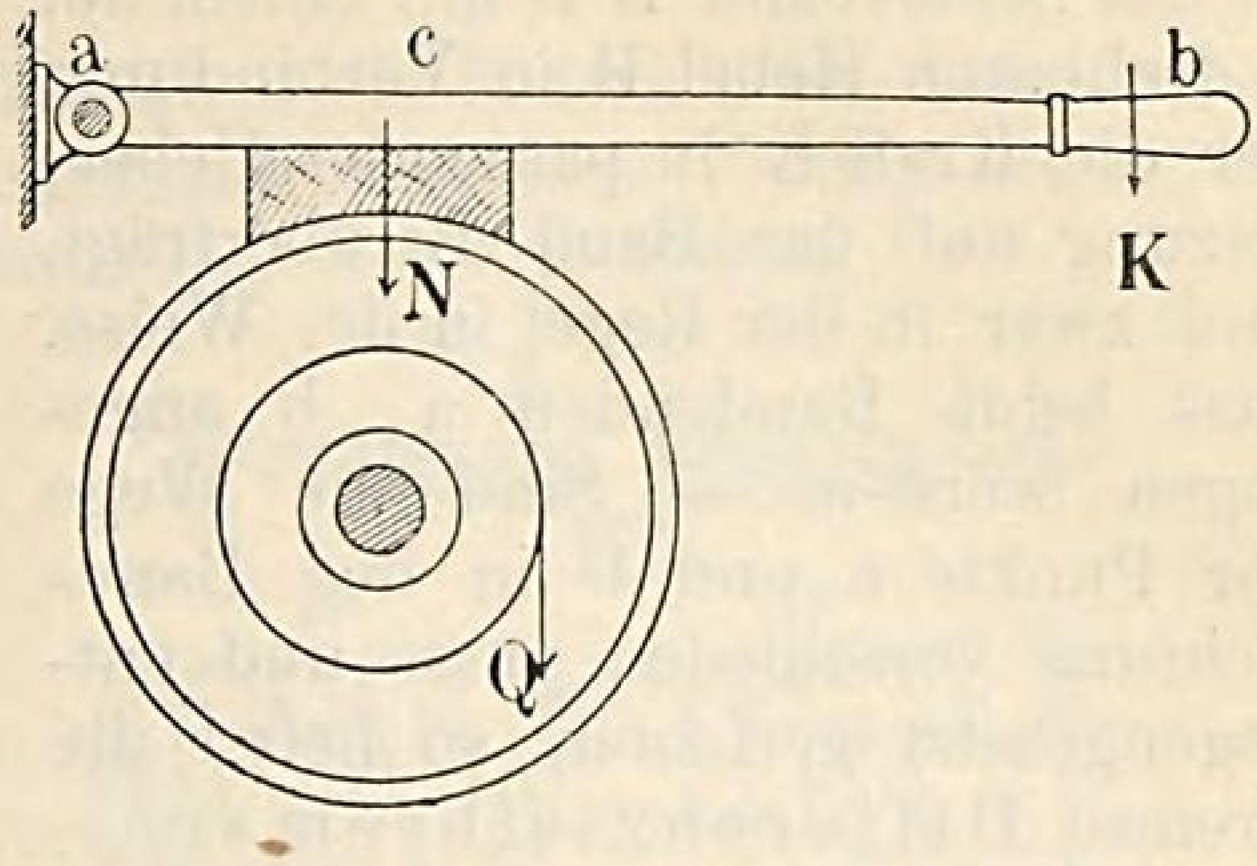


Fig. 119.

Die Anwendung der Backenbremsen ist da geboten, wo die Oberfläche der Bremsscheiben nicht frei ist, also an Fuhrwerken, an welchen die Laufräder zugleich die Bremsscheiben bilden. — An gewöhnlichen Fuhrwerken wird die Kraft K mit Hilfe eines Hebels oder einer Schraube von Menschenhand ausgeübt. — An Eisenbahnfuhrwerken trifft man nebst dieser Anordnug noch die Einrichtung, welche das gleichzeitige Anziehen sämtlicher Bremsen, sowie die Anwendung des gespannten Wasserdampfes als Kraftmittel gestattet, indem derselbe (System Westinghouse) einen Luftkompressor in Betrieb setzt, welcher mittels Leitungen Druckluft auf beide Seiten von Kolben führt, die durch Gestänge eine Verbindung mit den Bremsklötzen erhalten (Kompressionsbremse). Zum Zwecke des Bremsens wird nun durch Oeffnen eines besonderen Ventils die Druckluft aus der Leitung in die Atmosphäre entlassen und dadurch die Pressung auf einer Seite der Kolben vermindert. Durch den Ueberdruck der Luft auf der anderen Seite der Kolben erhalten diese sodann fast gleichzeitig eine Bewegung, welche die Bremsklötze anzieht. — Der Kompressionsbremse steht die Vakuumbremse gegenüber, bei welcher sich in der Leitung stark verdünnte atmosphärische Luft befindet und die Kolben zur Wirkung bringt, wenn durch Oeffnung des Bremsventils Luft von aussen in die Leitung einströmt.

Um bei Backenbremsen einerseits die starke Abnutzung eines Klotzes, andererseits den einseitigen und daher schädlichen Druck auf die Zapfen zu vermeiden, ist es rathsam, wenn möglich, stets zwei Backen einander diametral gegenüberliegend anzubringen.

B. Bandbremsen.

Das Eigentümliche einer Bandbremse besteht (Fig. 120) in der Anwendung eines biegsamen Bandes B (gewöhnlich aus Stahl), welches die Umfläche der Bremsscheibe A berührt und an einem oder an beiden Enden angezogen, in der Weise auf der Bremsscheibe eine Reibung hervorbringt, wie bei den Treibriemen (S. 52) erörtert ist. — Weil die Bandbremsen den Andruck über den grössten Teil der Umfläche verteilen und daher einen kleinen Einheitsdruck bedingen, ausserdem die Bremsscheiben nicht einseitig pressen, so finden sie die häufigste Anwendung.

Bei fast allen Konstruktionen ist das Bremsband B B mit einem um c drehbaren Hebel H in Verbindung, der die Kraft K in passender Uebersetzung auf das Band B überträgt, und zwar in der Regel in der Weise, dass beide Bandenden a, b angezogen werden. — Sind die Wege der Punkte a und b in der Bandrichtung verschieden gross und entgegengesetzt gerichtet, so heisst die Bremse Differenzialbremse.

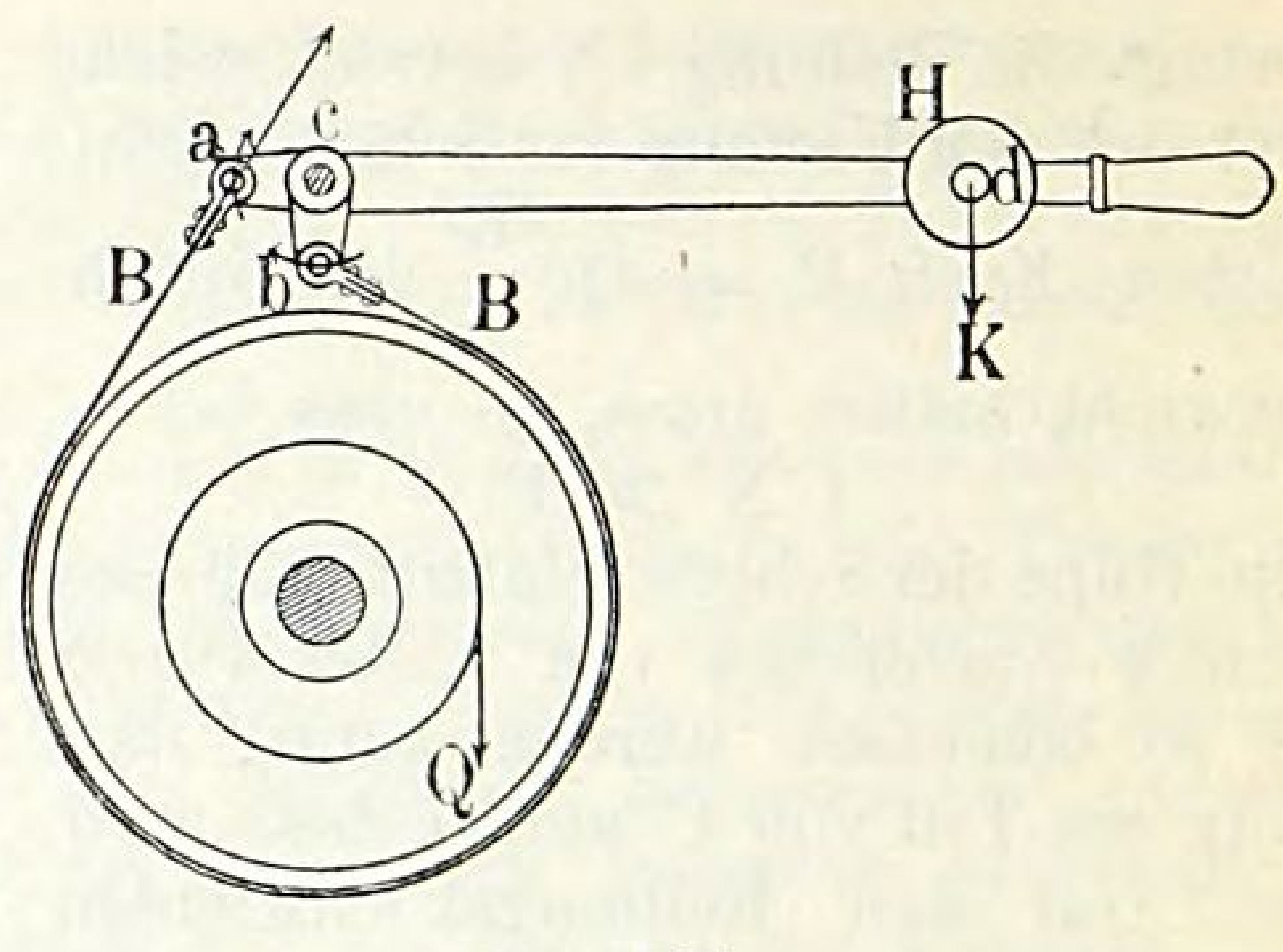


Fig. 120.

Die in Fig. 119 und 120 dargestellten Spannbremsen werden einfach dadurch in Lösungsbremsen verwandelt, dass man die Kraft K ununterbrochen als Gewicht, Feder, Druckluft, gespannten Dampf u. dergl. wirken lässt und nur während der Bewegung der Last Q etc. aufhebt, was gewöhnlich mit der Hand geschieht.

Mitunter wird das Band einer Bandbremse der günstigeren Reibungsverhältnisse wegen inwendig mit Klötzen bekleidet (Bremsring; Gliederbremse), in solchen Fällen aber auch oft durch Ketten ersetzt (Kettenbremsen).

V. *Federn.*

Unter Federn werden Körper verstanden, welche innerhalb der Elastizitätsgrenze, also vorübergehend, ganz bedeutende Formänderungen zulassen und vermöge der letzteren im stande sind, mechanische Arbeit aufzunehmen und zu beherbergen, die zu verschiedenen Zwecken dienstbar gemacht werden kann, namentlich zur Aufnahme von Stössen (an Fuhrwerken, Aufzügen u. dergl.), als Arbeitssammler (Akkumulatoren) zum Betriebe kleiner Maschinen (Uhrwerke), zur Hervorbringung von Pressungen und Belastungen, um bewegliche Teile (Ventile, Fallklinken, Walzen, Schnüre, Ketten etc.) in bestimmter Lage zu erhalten und endlich zum Messen von Kräften (Dynamometer).

Man unterscheidet demzufolge: Stossfedern, Trieb- oder Gangfedern, Schlag- und Prellfedern, Druck- und Spannfedern und Dynamometer-Federn. — Die Inanspruchnahme der Federn erfolgt entweder durch Biegen, Zusammendrücken, Auseinanderziehen oder Drehen, wovon die Bezeichnungen Biegungsfedern, Druckfedern, Zugfedern und Dreh- oder Torsionsfedern herrühren. — Das Hauptmaterial für Federn ist der Stahl in dem sog. federharten Zustande, weil diesem Metall nicht nur eine aussergewöhnlich grosse Elastizität eigentümlich ist, sondern weil sich diese auch bei einer Verwendung der Stahlfedern innerhalb der Elastizitätsgrenze, fast unverändert dauernd erhält. — Ein wichtiger Stoff ist Kautschuk besonders im vulkanisirten Zustande (Vulkanit), da sich derselbe durch die grösste Elastizität auszeichnet. Allerdings unterliegt dieser Körper einer verhältnismässig schnellen Zerstörung durch eine sich in demselben vollziehende Veränderung, die sich in Brüchigwerden kundgiebt. — Ausserdem dienen für Federn von unter-

geordneter Bedeutung einige hartgeschlagene Metalle (Eisen, Messing) und Holz (besonders der Esche).

So mannigfaltige Grössen und Stärken auch die Federn ihrer Gebrauchszwecke wegen erhalten müssen, so beschränken sich ihre Formen doch im Allgemeinen auf die Blattform, Spiralform und Schraubenform.

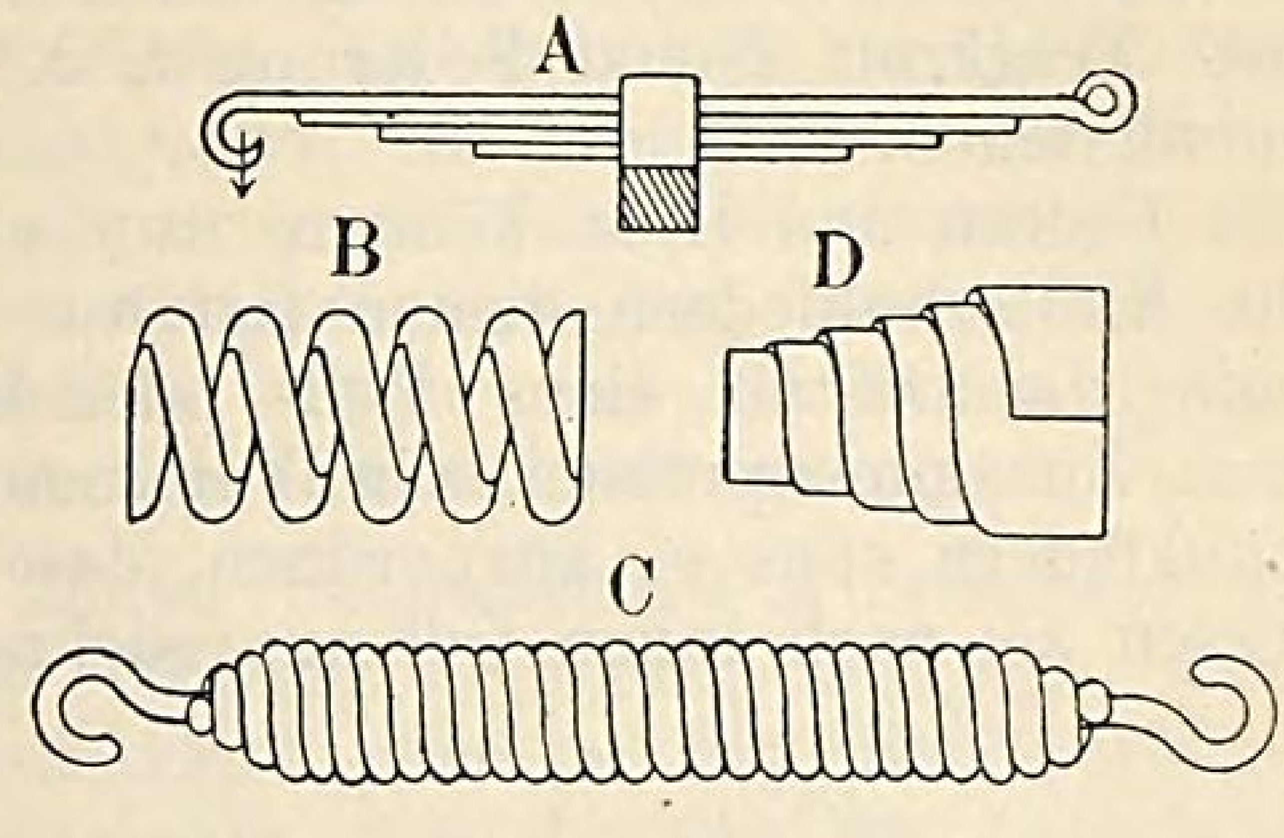


Fig. 121.

Die Blattfedern sind gewöhnlich von rechteckiger, selten dreieckiger Gestalt und heissen einschenkelig oder zweischenkelig, jenachdem sie an dem Ende oder in der Mitte festgehalten und demnach nur von einem oder von beiden Enden ausgebogen werden. — Um den Blattfedern für bedeutende Tragfähigkeit nicht zu unbequeme Grössen geben zu müssen, ordnet man eine Anzahl Blattfedern in der durch Fig. 121 A veranschaulichten Weise übereinander an (zusammengesetzte Blattfedern), wobei das in der Mitte sitzende Gehäuse die Federn zusammenhält, während das längste Blatt mit Haken oder Oesen zur Aufnahme der Last versehen ist. Selbstverständlich kommt diese Anordnung auch bei einschenkeligen Federn zur Anwendung. — Sehr oft werden auch zwei gleiche Blattfedern an beiden Enden durch Bügel vereinigt, so dass ein viereckiger Rahmen entsteht, an dessen zwei von den Federn gebildeten Langseiten die Kräfte (in der Mitte) zum Angriff kommen (z. B. an Dynamometern). — Zu dieser Gattung gehört auch die U förmige Feder, welche bei gleicher Länge und Dicke eine doppelt so grosse Federung zulässt, als eine einschenkelige einfache Feder.

Die Spiralfedern bestehen aus einem langen platten Stahlstreifen, der zu einer Spirale aufgerollt wird. Sie dienen auch als Arbeitssammler zum Betriebe kleiner Maschinen (Uhren, Indikatortrommeln etc.) und werden gewöhnlich im Mittelpunkte (Achse) festgehalten, so dass die Federkraft am äusseren freien Ende zur Wirkung gelangt.

Die Schraubenfedern werden dadurch gebildet, dass man einen entsprechend langen Stab (Draht) oder eine Flachschiene schraubenförmig auf einen Cylinder oder einen Kegel wickelt (Cylinder- und Kegelschraubenfeder). Der benutzte Stahldraht ist in der Regel rund, seltener quadratisch oder rechteckig und die Wickelung entweder offen (Fig. 121, B) oder geschlossen (Fig. 121, C). Die Schraubenfedern dienen, jenachdem sie in der Längenrichtung zusammengedrückt oder auseinander gezogen oder tangential beansprucht werden, als Druck-, Zug-, oder Dreh- (Torsions-) Feder. — Als Druckfedern müssen sie (Fig. 121, B) offen gewickelt sein, Zugfedern (Fig. 121, C) dahingegen erhalten eine geschlossene Wickelung. — Die Kegelschraubenfedern bekommen entweder die gewöhnliche Kegelform (Fig. 121, D) oder sie erscheinen als Doppelkegel, indem sie aus zwei Kegelstumpfen bestehen, die mit den Grundflächen oder den Spitzen zusammenstossen. Ihre Wickelung ist in der Regel so bemessen, dass die einzelnen Gänge sich beim Zusammendrücken der Feder ineinander schieben können, wie Fig. 121, D erkennen lässt, welche eine aus einer Flachschiene

erzeugte Kegelschraubenfeder von grösserer Widerstandsfähigkeit darstellt, wie sie z. B. als Bufferfeder Verwendung findet.

Bei der Auswahl von Metallfedern kann man sich von dem Gesetz leiten lassen, dass alle Federn einer bestimmten Art, welche aus demselben Material bei gleicher Sicherheit und für dieselbe Federarbeit P f konstruirt sind, dasselbe Gewicht haben müssen. Unter Federarbeit ist hier das Produkt Tragkraft P mal Federung f, d. h. der Weg des Kraftangriffspunktes zu verstehen.

Federn aus Holz können nur auf Biegung beansprucht werden. — Die Kautschukfedern dienen fast nur als Druckfedern und erhalten allgemein die Gestalt eines Voll- oder Hohlcylinders (Ringe). Da Kautschuk beim Zusammenpressen sein Volumen nicht verändert, so sind die Kautschukfedern stets so anzuordnen, dass sich ihre Cylinderflächen sowohl nach aussen als nach innen frei auszudehnen vermögen.

Dritter Abschnitt.

Haltungselemente.

Unter Haltungselementen sind hier alle Vorrichtungen bezeichnet, welche dazu dienen, flüssige Körper und zwar sowohl tropfbare als gasförmige und halbflüssige dauernd oder vorübergehend aufzunehmen und fortzuleiten. — In erster Linie gehören dazu die Gefässe und gefässartigen Behälter zur Beherbergung von Flüssigkeiten. — Dann sind hierher zu rechnen alle Vorrichtungen, welche dazu bestimmt sind, die Flüssigkeiten von einem Orte zu einem oder beliebig vielen anderen Orten zu schaffen, also Röhren und Rohrleitungen. — Und endlich schliessen sich an diese diejenigen Elemente an, welche geeignet sind, nach Belieben den Zugang und den Abgang der Flüssigkeiten den vorliegenden Bedürfnissen anzupassen und kurz Verschlussorgane genannt werden mögen.

Erstes Kapitel.

Gefässe.

Die Gefässe haben zunächst die Bestimmung, Flüssigkeiten vorräthig und zu jeder Zeit zu den in Aussicht genommenen Gebrauchzwecken verfügbar zu halten (Vorrathsbehälter, Reservoire etc.). Oder sie dienen dazu, gewisse Arbeitsprozesse zur Durchführung zu bringen (Cylinder an Dampfmaschinen, Pumpen, Gebläsen etc.) Oder endlich bieten sie ein Mittel zum Transportieren von Flüssigkeiten. — Als Material zu den grösseren Gefässen dient Holz, Stein, Zement, Guss- und Schmiedeisen, in einzelnen Fällen Stahl, Kupfer, Bronze und Messing.

I. Behälter.

Hölzerne Behälter oder Gefässe geniessen in solchen Fällen den Vorzug, in welchen eine schädliche Wirkung anderer Materialien auf den Inhalt der Gefässe oder umgekehrt zu befürchten steht (in Färbereien,

Gerbereien, Brauereien, Papierfabriken, chemischen Fabriken etc.). — Viereckige Gefässe dieser Art werden entweder aus hölzernen Bohlen hergestellt, welche auf Nut- und Feder zusammengefügt, mittels Zinken verbunden und durch eiserne Klammern oder hölzerne Zangen am Ausweichen verhindert werden. Runde Holzgefässe verfertigt man nach Art der Tonnen aus Dauben mit Anwendung eiserner Reifen, welche dieselben zusammenhalten. Da das Holz beim Austrocknen schwindet, so entstehen zwischen den Dauben leicht Undichtigkeiten, welche durch das Antreiben der Reifen zu beseitigen sind, wenn die Gefässe statt der cylindrischen eine kegelige Gestalt erhalten. Deshalb sind die runden Holzgefässe in der Regel am Boden um $^1/_{20}$ der Fasshöhe weiter und die Reifen demgemäss nach dem hierdurch entstehenden Kegelmantel geformt.

Stein- oder Zementgefässe finden hauptsächlich Anwendung zur Haltung grösserer Flüssigkeitsmengen (Wasser, Spiritus, Oel etc.) deren Aufbewahrung zweckmässig zur ebenen Erde oder in der Erde erfolgen kann. — Ihre Form ist gewöhnlich viereckig, weil dieselbe am leichtesten auszuführen ist und die beste Platzausnutzung gewährt. — Zur Herstellung der Steinbehälter verwendet man gewöhnliche, selten hart gebrannte Backsteine, die mit Zement vermauert werden. Um ihnen die erforderliche Undurchlässigkeit zu geben, erhalten sie einen sorgfältigen, vollkommen risslosen Verputz, der in einzelnen Fällen noch mit Teer oder Asphalt überzogen wird. — Die Zementbehälter stellt man aus sog. Beton her, der aus hydraulischem Kalke und Steinstücken in verschiedenen von manchen Umständen (Beschaffenheit des Kalkes, Erhärtungsdauer u. dergl.) abhängigen Verhältnissen gemengt, mit Wasser angemacht, zwischen Wände von Brettern oder Eisenblechtafeln geschüttet und gehörig festgestampft wird. Richtig ausgeführte Zementbassins bleiben bei einem Wasserdruck von 3 bis 4 *m* undurchlässig und sind in dieser Beziehung den Steinbehältern überlegen. — Auch bei diesen Gefässen erhöht man die Dichtigkeit häufig durch einen Teer- oder Wasserglasanstrich.

Zur Erzeugung dünnwandiger Gefässe und Röhren mit ausserordentlicher Widerstandsfähigkeit hat sich erfahrungsgemäss kein Verfahren in solchem Grade bewährt, als dasjenige nach Patent Monier. Dasselbe besteht einfach darin, dass je nach Grösse, Form und Beanspruchung ein einfaches oder doppeltes weitmaschiges Gewebe oder Skelett aus schwachem oder starkem Draht oder schwachen Rundstäben aus Eisen in Gefäss- oder Plattenform hergestellt und auf beiden Seiten mit Zement umhüllt wird, so dass eine für die gewöhnlichen Fälle vollkommen ausreichende Dicke von 4 bis 5 *cm* entsteht. Für viereckige Gefässe benutzt man Platten, die dadurch erzeugt werden, dass man zunächst Eisendrähte von 5 bis 6 *mm* Dicke und passender Länge in gewissen Entfernungen (5 bis 6 *cm*) parallel nebeneinander legt, diese mit gleichen Stäben quer bedeckt und dann beide Lagen an den Kreuzstellen mit Draht zusammenbindet. Dieses Gitterwerk wird etwas erhöht in einen einfachen Rahmen gelegt und mit Zement übergossen. Für feststehende Gefässe (Filtrirbassin, Wasser- etc. Behälter) von abgerundeter Form kann man das Skelett an Ort und Stelle durch Aufstellen von Vertikalstäben und Kreuzen derselben mit Horizontalstäben (Walzdraht) bilden und durch Anwurf mit Zement umkleiden. — Hervorzuheben ist noch, dass man neuerdings auch Gefässe auf den durch Fig. 122 u. 123 (S. 76) dargestellten Konstruktionsgrundlagen nach dem Monier-System herstellt.

Eiserne Gefässe gestatten aus naheliegenden Gründen die ausgedehnteste Verwendung, da sie in allen Grössen und Formen am leichtesten zu beschaffen und unterzubringen sind, sowie insbesondere eine Erwärmung ihres Inhaltes durch direkte Heizung ermöglichen.

Abgesehen von den kleinen, aus einem Stücke erzeugten Gefässen, bildet man sie durch Zusammensetzen von Tafeln aus Gusseisen oder Schmiedeisen — oder Stahlblech, welche, je nach der Gefässform, ebenflächig, cylindrisch, kugelig oder kegelig vorgeformt, mittels Schrauben oder Niete ihre Verbindung erhalten.

Zu dem Zwecke werden die Gusseisenplatten mit rund herumlaufenden Flanschen gegossen, nach der S. 14 Fig. 22 angegebenen Methode durch Schrauben verbunden und durch eingeschobene Zwischenlagen von Kautschuk u. dergl. gedichtet. — Die Blechplatten erhalten ihre Verbindung durch Nieten (S. 8) und ausserdem eine Dichtung durch sorgfältiges Stemmen, wenn ein Angreifen oder Auflösen des Dichtungsmaterials (Kautschuk, firnisgetränkte Leinwandstreifen, Kitte u. dergl.) von dem Gefässinhalt (Petroleum, Benzin, Alkohol, Oel etc.) stattfinden würde.

Ist der Boden der Gefässe ein sog. flacher, d. h. eben, so muss derselbe in passender Weise durch Träger, Mauerwerk, Betonlage u. dergl. gegen Durchbiegung geschützt werden; insbesondere verlangen gusseiserne Böden solche Stützungen, weil Gusseisen nicht auf Biegung in Anspruch genommen werden darf. — Zur Herbeiführung einer unter gleichen Umständen grösseren Widerstandsfähigkeit konstruirt man bei grösseren Gefässen aus Schmiedeisen den Boden gewöhnlich nach einem Kugelabschnitt oder kegelig. Dabei können die konkaven Flächen nach oben oder nach unten gerichtet, d. h. die Böden hängend oder stehend angebracht sein, sowie ohne Unterstützung bleiben, weil es genügt, sie mit ihrem Rande aufzulegen. — Infolgedessen tritt noch der günstige Umstand hinzu, dass dieselben stets zugängig und sichtbar sind. — Die Verbindung dieser Böden mit den cylindrischen Behältern vermittelt ein Ring aus Winkel- oder T Eisen. Dieser Ring wird bei hängenden Böden zusammengezogen, bei stehenden auseinandergeschoben und demnach entlastet, wenn der Boden aus konkaven und konvexen Flächen zusammengesetzt wird, wie Fig. 122 und 123 zeigen. Der Boden besteht hier aus dem stehenden Kegel- oder Kugelabschnitt a in der Mitte und dem Kegelabschnitt b, der

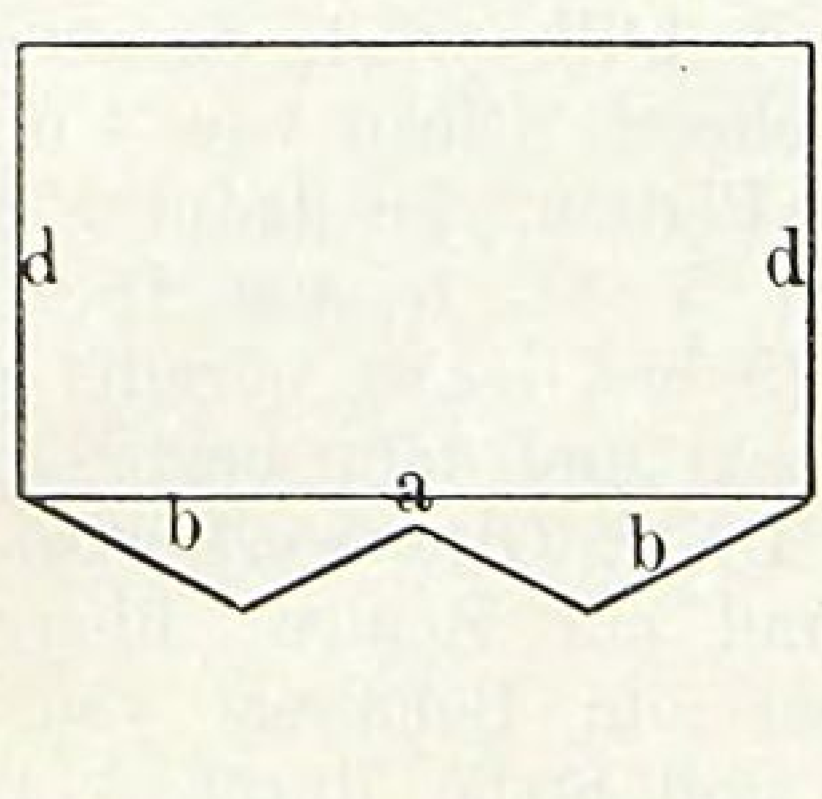


Fig. 122.

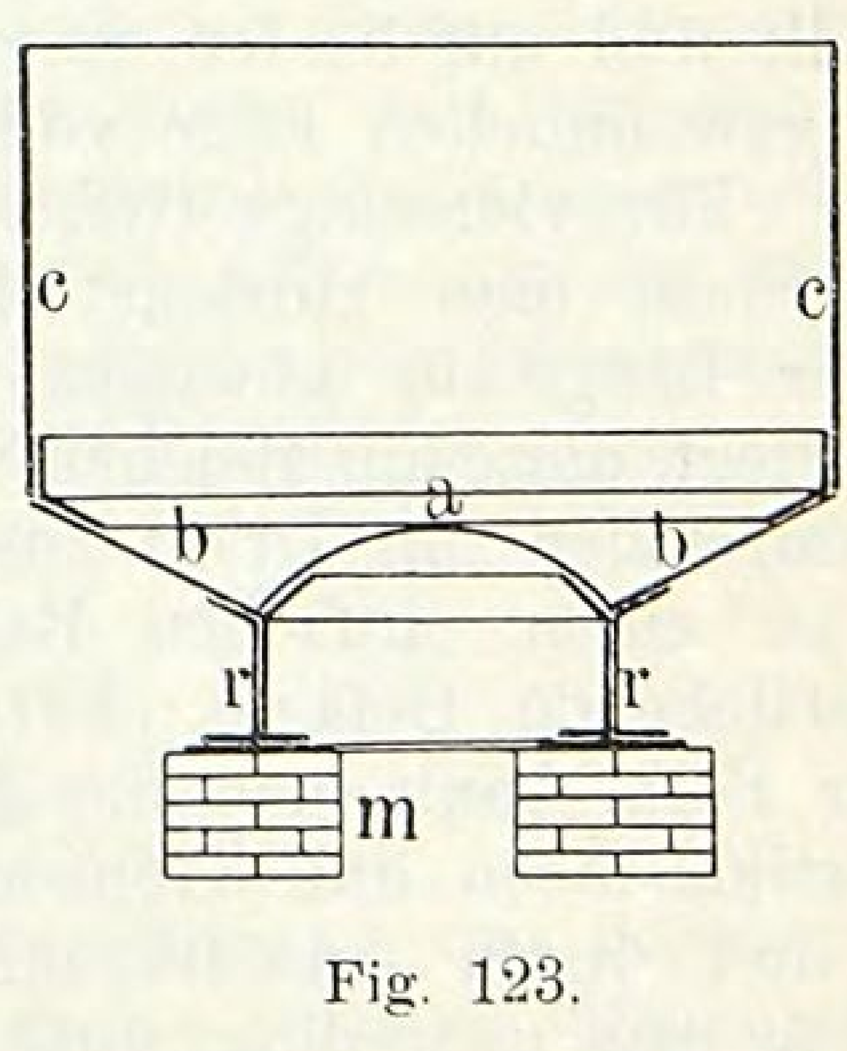


Fig. 123.

mit a einerseits, mit der Gefässwand d und c andererseits verbunden ist. Zur Stützung des ganzen Gefässes genügt der Ring r, mit einem ringförmigen Mauerwerk m (Brunnen oder Turm). Die Vorteile dieser zusammengesetzten Form treten namentlich bei grösseren Behältern ins Gewicht, weshalb sie sich hier schnell eingebürgert haben, da sie ausserdem noch den wichtigen Vorteil bieten, dass wegen des kleinen Auflageringes r auch das Mauerwerk m klein ausfällt.

Eine besondere Gattung von Behältern bieten die Abdampf- und Sudpfannen in den chemischen Fabriken, Salinen u. dergl., welche zum Zwecke des Verdampfens oder Siedens ihres Inhaltes mit Feuerungsanlagen (S. diese) versehen sind. Zur günstigen Aufnahme und Ausnutzung des Brennmaterials giebt man diesen Pfannen eine bedeutende Grösse (45 bis 100 *qm*), geringe Tiefe (0,4 bis 0,5 *m*), eine längliche viereckige Form und dünne, die Wärme leicht durchlassende Böden. — Die früher üblichen halbcylindrischen Kesselpfannen aus Gusseisen sind durch Pfannen aus Schmiedeisenblech verdrängt, deren Böden nur 3 bis 4 *mm* und deren Seitenteile (Borde) 6 bis 10 *mm* Dicke bekommen. Die Verbindung der Blechtafeln erfolgt durch Laschennietung (S. 9) unter Anwendung versenkter Niete, damit die innere Bodenfläche, des Umrührens wegen, vollkommen glatt ausfällt. Die Bordenränder erhalten zur Versteifung ein ⌐ Eisen angenietet, während die Wände der Feuerzüge, welche unter den Pfannen entlang laufen, die Böden tragen und gegen Durchbiegung schützen. Der leichteren Erneuerung halber pflegt man unmittelbar über dem Feuerherde kleine Blechtafeln (von etwa 60 $\times$ 60 *cm*) anzuwenden. — Für kleinere Abdampfmengen und solche Flüssigkeiten, welche Eisen angreifen, stehen Gefässe aus emaillirtem Schmiedeisen, Kupfer (rein und verzinnt), Blei, Zinn, Platin, sowie aus Porzellan- und Steinzeugplatten in Gebrauch.

II. Cylinder.

Cylinder nennt man rohrartige Gefässe von Kreisquerschnitt zur Aufnahme von tropfbaren oder luftförmigen Flüssigkeiten, welche, je nach ihrer Bestimmung, mehr oder weniger grossen Pressungen unterliegen, die von der Cylinderwandung aufzunehmen sind.

Als gepresste Flüssigkeiten stehen Wasser (in einzelnen Fällen Glycerin oder Oel) Wasserdampf- und atmosphärische Luft (mitunter Ammoniak, Schwefligsäure, Kohlensäure, explosive Gasgemische u. s. w.) und zwar in Druckwerken (Pressen, Pumpen, Gebläsen), oder an Dampf-, Heissluft-, Gasmaschinen u. dergl. zur Anwendung, wonach man wohl Presscylinder, Druckcylinder, Pumpencylinder, Dampfcylinder, Gebläsecylinder u. s. w. unterscheidet.

Die Cylinder (Fig. 124 S. 78) sind entweder an beiden Enden offen und erhalten dann zum Verschluss zwei Deckel a, b; oder es wird an denselben bei der Herstellung nur das eine Ende offen gelassen und auf passende Weise durch Deckel, Stopfbüchsen u. s. w. verschlossen, während das zweite Ende (Boden) mit den Cylinderkörpern ein ganzes bildet.

Als Material zu Cylindern dient in der Regel Gusseisen; nur wenn dieses den chemischen Einwirkungen der die Cylinder füllenden Flüssigkeiten (Salzwasser, Laugen, Säuren etc.) nicht genügend Widerstand leisten

kann, wendet man Rotguss, Bronze, Deltametall, Blei, selbst Glas und Porzellan an. In diesen Fällen beschränkt man sich übrigens vielfach darauf, gusseiserne Cylinder mit einer Lage von Kupfer, Messing, Bronze, Blei u. dergl. auszufüttern, indem man aus Platten (Blech) genau anschliessende Cylinder herstellt und an die innere Wand anpresst; selbstverständlich sind dann auch die Cylinderdeckel auf der Innenseite mit solchen Platten zu belegen. — Bei sehr hohen Pressungen empfiehlt sich als Material Gusstahl, Stahl- und Phosphorbronze, nicht nur wegen ihrer grösseren Festigkeit, sondern auch wegen ihrer grösseren Dichtigkeit. — Zur Hervorrufung einer bedeutenden Widerstandsfähigkeit, wie sie u. A. bei Presscylindern oft erforderlich wird, stellt man die Cylinder vielfach aus zwei oder drei Schichten in der Weise her, dass man über den inneren, abgekühlten Cylinder den äusseren, etwas erwärmten schiebt; infolgedessen presst der letztere den ersteren nach Art der Schwundverbindung kräftig zusammen und erhöht die Festigkeit. — An Stelle des äusseren Cylinders sind mit Erfolg Gusstahlringe zur Anwendung gelangt, welche, aus einem Stücke gewalzt und genau abgedreht, mittels einer hydraulischen Presse auf den inneren Cylinder warm aufgezogen werden.

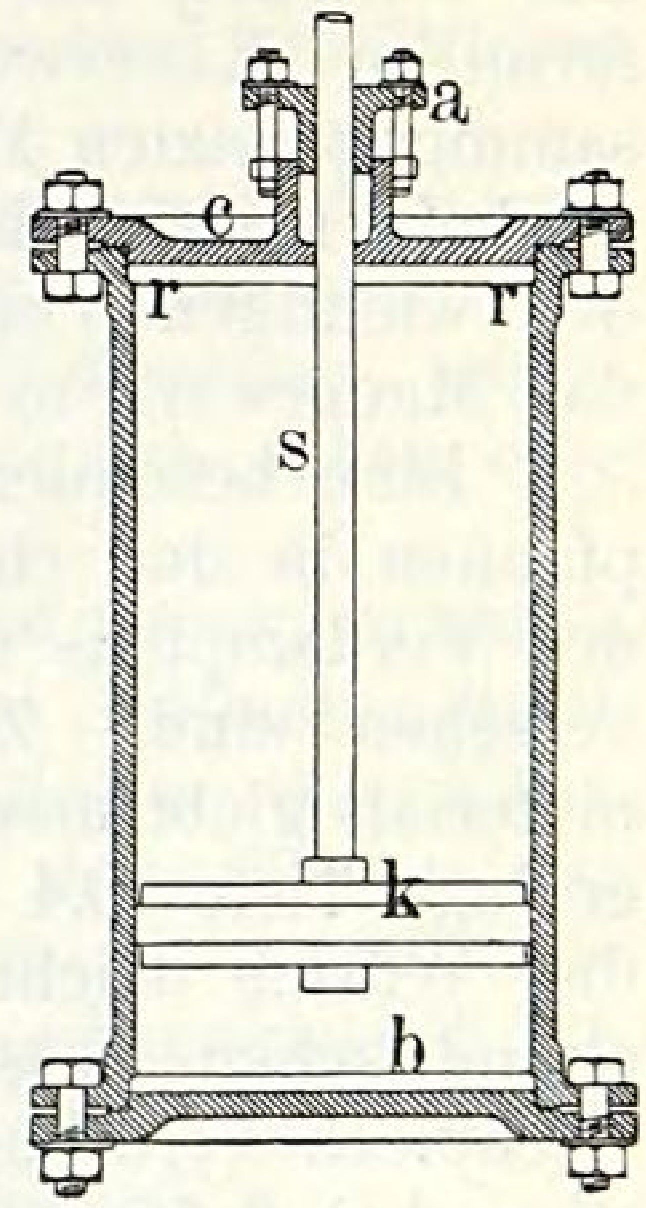


Fig. 124.

Beim Giessen der Eisencylinder ist ein möglichst dichter, fester und spannungsfreier Guss anzustreben. Zu dem Zwecke ist neben der richtigen Wahl des Gusseisens ein wiederholtes Umschmelzen desselben (manchmal unter Zusatz von Stahlspänen) und die Anwendung eines grossen Giesskopfes zu empfehlen, sowie insbesondere eine gleichmässige Verteilung der Massen durch überall gleiche Wandstärken vorzusehen. Aus diesem Grunde sollen daher auch die an einem Ende geschlossen gegossenen Cylinder in ein halbkugelförmiges Bodenstück übergehen und mit diesem Ende in der Form nach oben gestellt mit einem schweren Giesskopf gegossen werden.

In der Regel gestatten die Abmessungen der Cylinder die Herstellung derselben aus einem Stücke. Mitunter jedoch ist die Zusammensetzung aus mehreren Teilen (kurzen Cylindern, nicht aus Cylinderschalen) erforderlich, die ihre Verbindung mittels Flanschen und Schrauben wie bei den Röhren (S. 87 etc.) erhalten.

Erfordert die Bestimmung der Cylinder die Benutzung eines an die Wandung sich dicht anschliessenden Kolbens k (Fig. 124), so ist das Innere des Cylinders durch Ausbohren zu vervollkommnen (Dampfcylinder). Ist dahingegen die Verwendung eines anschliessenden Kolbens nicht beabsichtigt, so lässt man (bei sog. Taucherkolben) die innere Fläche unbearbeitet. — Ausgebohrte Cylinder erhalten an den Enden Erweiterungen, welche ein wiederholtes Nachbohren ohne Veränderung der Endweiten, ein leichteres zentrisches Einpassen der Deckel und ein bequemes Einbringen der Kolben gestatten.

Die Cylinderdeckel, welche (Fig. 124) zum Durchtreten der Kolbenstange eine Stopfbüchse a haben und genau zentrisch gelagert sein müssen,

treten mit einem abgedrehten Rande r in die Cylindererweiterungen ein und erhalten ihre Befestigung mittels Flansch und Schrauben (Fig. 124). — Wie Fig. 125 erkennen lässt, sind die für Taucherkolben bestimmten Cylinder am offenen Ende nur mit einem kurzen ausgedrehten Halse a versehen, in dem eine Nut u u zur Aufnahme des Abdichtungsmaterials (Lederstulp) herumläuft. — Bei diesen Cylindern wird übrigens auch der Boden b mitunter nicht mit angegossen, sondern durch eine vorgelegte Platte oder ein eingeschraubtes Verschlussstück gebildet.

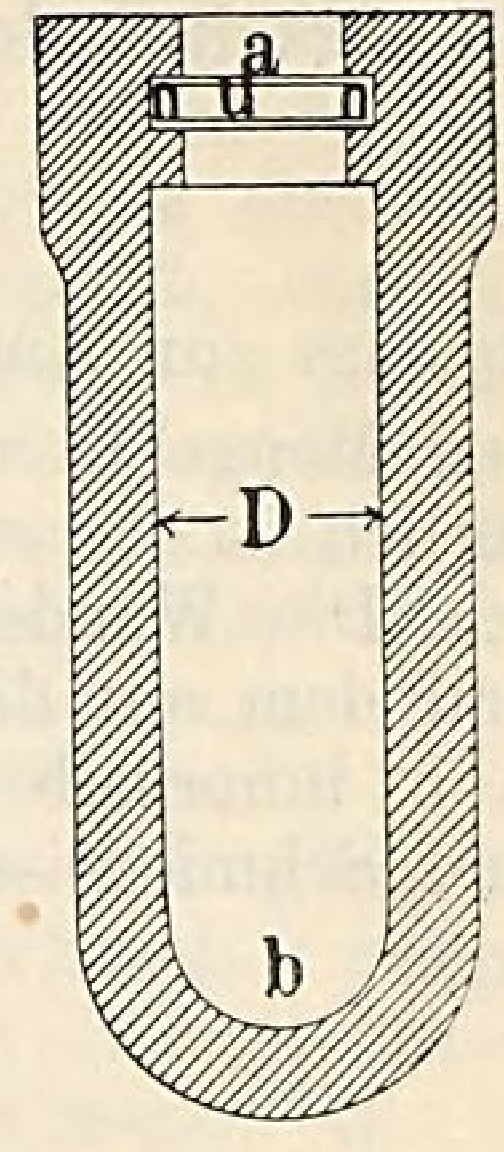


Fig. 125.

Für manche Gebrauchszwecke ist es angebracht, die Cylinder abzukühlen oder zu wärmen. In solchen Fällen werden dieselben zweckmässig hohlwandig gegossen, damit durch den dadurch gebildeten Hohlraum zur Abkühlung kaltes Wasser und zum Warmhalten Wasserdampf (Dampfmantel) den inneren Cylinder umspülen kann. — Sollen sie mit schlechten Wärmeleitern geschützt werden, so verfährt man dabei, wie unter Röhren (S. 93) ausführlich erörtert wird.

Die Wandstärke δ der Cylinder richtet sich nach dem Material und der im Cylinder herrschenden Pressung, dem Durchmesser D, sowie nach der Erzeugung, indem man z. B. gusseiserne Cylinder mit weniger als 1,5 *cm* nicht erzeugt. Für gewöhnliche Dampf- und Pumpencylinder kann man annehmen:

$$\delta\ cm = 1{,}6 + \frac{D}{60}$$

Zweites Kapitel.

Röhren und Röhrenverbindungen.

I. Röhren und Schläuche.

Die in der Technik zur Leitung von Wasser und anderen Flüssigkeiten, sowie von Dampf, Luft (Wind) und verschiedenen Gasen (Leuchtgas, Kohlensäure, Wassergas, Ammoniak etc.) dienenden Röhren, welche ihrem Gebrauchszwecke gemäss Wasser-, Dampf-, Gas- u. s. w. Röhren heissen, werden gewöhnlich aus Gusseisen, Schmiedeisen, Blei und Kupfer, in einzelnen Fällen aus Stahl, Messing, Asphaltpapier, Holz, Zinn, Thon, Glas, Zement u. dergl. hergestellt. — Wählt man die biegsamen Materialien Leder, Gewebe, Kautschuk etc. zur Erzeugung der Röhren, so führen diese den Namen S c h l a u c h, während Röhren aus Blei, sowie diejenigen, welche infolge einer besonderen Konstruktion leicht zu biegen sind, biegsame Röhren genannt werden.

Nur einzelne Stoffe (Gewebe, Kautschuk, Blei) und Fabrikationsmethoden (Weben, Pressen) gestatten die Anfertigung von Röhren in bedeutenden Längen; in der Regel ist die Länge der Röhren, wegen der Herstellungsschwierigkeiten langer Röhren, beschränkt und verlangt demgemäss zur Bildung längerer Röhrenstrecken (R ö h r e n f a h r t e n, R ö h r e n l e i t u n g e n) eine Zusammenschiebung und Verbindung mehrerer, oft sehr vieler Röhren.

Diejenige Länge, welche dabei ein Rohr in der Leitung ausmacht, wird die Baulänge genannt.

Der lichte Durchmesser D eines Rohres hängt ab von der Menge Q und der Geschwindigkeit v der sekundlich das Rohr durchfliessenden Flüssigkeit, indem stattfindet

$$Q = \frac{D^2 \pi}{4} v \text{ also } D = \sqrt{\frac{4 Q}{\pi v}}$$

so dass zur Auswahl der Röhrenweiten nur die Kenntnis der durchfliessenden Menge Q und deren Geschwindigkeit v (vielfach $= \sqrt{2 g h}$ erforderlich ist.

Die Wandstärke δ der Röhren ist selbstverständlich von dem Material und dem auf die Röhren wirkenden Druck abhängig, wird aber gewöhnlich d. h. innerhalb einer Pressung von 6 Atm. und bei Röhren von Gusseisen und Schmiedeisen auf den lichten Durchmesser D bezogen und beträgt:

$$\text{für Gusseisen } \delta\, cm = 0{,}8 + \frac{D}{80}$$

$$\text{für Schmiedeisen } \delta\, cm = 0{,}2 + \frac{D}{120}.$$

Bevor man die Röhren in Gebrauch nimmt, unterwirft man sie einer Probe, welche zu bestimmen hat, dass dieselben für den Verwendungszweck die gehörige Dichtigkeit und Festigkeit besitzen. — Die gewöhnliche Probe besteht darin, dass man die Endflächen der Röhren durch vorgelegte und passend z. B. durch Schrauben oder Stangen festgehaltene Platten vollständig abschliesst, die Röhren mit Wasser füllt und sodann mit einer einfachen Druckpumpe in Verbindung bringt, zu welchem Zwecke eine der Abschlussplatten mit einem Rohransatz ausgestattet wird, der zugleich die vollständige Entfernung der Luft aus den Röhren ermöglicht. Nach Hervorbringung des entsprechenden, an dem Pumpenmanometer erkennbaren Druckes tritt an undichten Stellen das Wasser durch und erscheint auf der Rohroberfläche je nach der Grösse der Undichtigkeiten leicht erkennbar als Perle, Tropfen, oder selbst Strahl. Dabei muss das Druckwasser eine Temperatur besitzen, die nicht unter derjenigen der umgebenden Luft ist, damit ein Niederschlagen von Wasser aus der Luft vermieden wird. — Die mittels einer Luftdruckpumpe angestellte Luftprobe findet selten, gewöhnlich nur an Gasröhren Verwendung und zwar mit der Abweichung, dass die Röhren dabei im Wasser liegen und die undichten Stellen an aufsteigenden Luftblasen zu erkennen geben.

Bezüglich des Probedruckes P sei bemerkt, dass derselbe bei Gas- und Wasserleitungsröhren 15 bis 20 Atm. beträgt, bei Röhren mit hohem Drucke (Dampfleitungen, Siederöhren) aber nach der Formel bestimmt wird:

$$P = 1{,}5\, n + 2 \text{ Atm.}$$

wenn n der Flüssigkeitsdruck in Atm bedeutet.

1. Gusseiserne Röhren, über deren Anfertigung nur angeführt werden mag, dass man sie zur Erreichung einer fehlerfreien und dichten Beschaffenheit in stehenden Formen mit grossem Gusskopf giesst, werden gewöhnlich in Abmessungen von 4 *cm* Lichtweite aufwärts und zwischen 2 bis 3 *m* Länge angefertigt und zwar

bei 4 bis 5 *cm* Weite mit 2 *m* Baulänge
„ 6 „ 20 „ „ „ 3 „ „
„ 22,5 u. mehr „ „ „ 4 „ „ .

Die leichte und billige Art ihrer Erzeugung hat ihnen die ausgedehnteste Verwendung in fast allen Fällen verschafft, insbesondere zu den Hauptleitungen bei Wasser- und Leuchtgasversorgung. — Da sie indessen stark von Wasser angegriffen werden, so schützt man sie gegen diese Einwirkungen stets durch einen Ueberzug von Teer oder Asphalt, entweder durch Eintauchen oder Bepinseln, beziehungsweise Bestreichen in heissem Zustande. Zur Sicherung des Anhaftens sollte dem Ueberziehen stets ein Netzen mit Petroleum vorangehen und darauf gesehen werden, dass die Röhren vollkommen trocken sind. — Gegen die Einwirkung von Chemikalien, welche Asphalt angreifen (Ammoniak, Laugen, Säuren u. dergl.) schützt man sie nur durch Emaillirung oder durch ein Bleifutter.

Eine besondere Gattung gusseiserner Röhren verdient hier noch Erwähnung, weil sie als sog. Heizkörper für Erwärmungszwecke eine weitgehende Verwendung finden und sich dadurch von anderen Röhren unterscheiden, dass sie mit Rippen versehen sind, die entweder in der Achsenrichtung parallel oder in Schraubenlinien verlaufen oder ringartig angeordnet sind. Diese Rippenröhren gestatten die Verwendung grosser wärmeabgebenden Flächen auf kleinem Raume und eignen sich deshalb für den genannten Zweck in hervorragender Weise.

2. Schmiedeiserne Röhren werden, abgesehen von dem Verfahren, sie aus einem Stücke zu walzen, stets aus Blech hergestellt, das gehörig zugeschnitten und gebogen entweder durch Nieten (S. 9) oder Schweissen (seltener durch Löthen) vereinigt wird. — Genietete Röhren finden Anwendung bei grossen Wasser- und Gasleitungen (Turbinenwasserleitung, Windleitungen an Hochöfen u. dergl.), wo die Herstellung der Leitung aus Gusseisenröhren, namentlich des bedeutenden Gewichtes wegen, nicht mehr zweckmässig ist. — Geschweisste Röhren erzeugt man in Weiten von 0,32 bis 30 und mehr *cm* mit einer Normalbaulänge von 4 *m* (in manchen Fabriken von 5 *m*). Ihrer grossen Widerstandsfähigkeit wegen dienen sie — neben der ausgedehnten Verwendung zu Abzweigungen von Wasser- und Gasleitungen — zu Hochdruckleitungen (Dampfröhren, Sieberöhren, hydraulische Kraftanlagen u. dergl.); ihre namentlich in der Rotglühwärme grosse Biegsamkeit räumt ihnen ferner sehr oft den Vorzug vor Gusseisenröhren ein. — Zum Schutz gegen Rosten erhalten die schmiedeisernen Röhren ausser den oben genannten Anstrichen sehr oft einen dünnen Zinküberzug auf galvanischem Wege (galvanisirte Röhren), mitunter (bei Trinkwasserleitungen) eine Verzinnung. — Röhren aus Stahl, welche wie die schmiedeisernen Röhren, in neuerer Zeit aber vielfach durch Walzen erzeugt werden, finden bis jetzt nur Verwendung, wenn es sich um Leitungen mit hohem Drucke handelt (hydraulische Pressen, Akkumulatoren etc.).

3. Kupferne Röhren erzeugt man gewöhnlich aus Kupferblech durch Löthen oder, wenn auch seltener, aus gegossenen Hohlstücken durch Walzen und Ziehen (Röhren ohne Naht), sowie aus vollen Blöcken durch Schrägwalzen nach dem Mannesmann'schen Verfahren. Ihre Anwendung

beschränkt sich — wegen ihres hohen Preises — auf solche Gebrauchszwecke, bei welchen überhaupt Kupfer des indifferenten Verhaltens wegen, allen anderen Metallen vorgezogen wird (in Brennereien, Brauereien, Zuckerfabriken, Färbereien, Nahrungsmittelgewerben u. s. w.). Ausserdem lässt es sich leicht verzinnen und somit vollkommen unschädlich machen. Beachtenswert ist dabei noch ihre grosse Festigkeit und Wärmeleitungsfähigkeit, sowie ihre Zähigkeit, welche ein oft erwünschtes Biegen gestattet. Um letzteres ohne Einknicken bewerkstelligen zu können, ist das ausgeglühte Rohr an der Biegungsstelle mit Pech auszugiessen und dann langsam und wiederholt um runde Klötze von abnehmenden Durchmessern oder vermittels einer Walzenbiegmaschine in die gebogene Form zu bringen. Bei solchen Biegungen sind scharfe Ecken ausgeschlossen und nur Krümmungen von grösseren Radien ohne Verletzungen möglich. Als kleinsten Krümmungsradius kann man etwa den doppelten Rohrdurchmesser ansehen. —

4. Messingröhren werden wie Kupferröhren fabrizirt und nur für untergeordnete Zwecke in Gebrauch genommen.

5. Bleiröhren werden in bedeutenden Längen (bis 250 *m*) und in beliebigen Weiten auf der Röhrenpresse erzeugt. Sie finden namentlich Anwendung wegen ihrer grossen Biegsamkeit, welche Leitungen in beliebigen Krümmungen gestattet, sowie wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Schwefelsäure. Da dieselben jedoch schon bei einer Temperatur von 120 ° und geringem Drucke ihre Festigkeit fast ganz einbüssen, so sind sie im Allgemeinen als Dampfröhren zu Wärmeleitungen nicht brauchbar. Wegen der Giftigkeit des Bleies dürfen Bleiröhren für Trinkwasser- u. dergl. Leitungen nur verzinnt Benutzung finden. —

6. Zinnröhren reihen sich in bezug auf die Erzeugung den Bleiröhren an, da man sie auch durch Pressen herstellt. — Doch finden sie ihrer Kostspieligkeit und geringen Festigkeit wegen nur ausnahmsweise Verwendung, da in fast allen Fällen Bleiröhren mit einer inneren und äusseren Zinnschicht dieselben Dienste leisten.

7. Biegsame Röhren aus Metall, welche vielfach statt der Kautschukröhren in Verwendung kommen, bestehen aus einer Spirale, die durch Aufwickeln eines langen  förmigen Streifens aus Messing- oder Kupferblech mit einer Zwischenlage von Kautschuk so gebildet wird, wie der Querschnitt Fig. 125 erkennen lässt, in welchem *m* die Metallspirale bezeichnet. Diese Röhren werden in Grössen von 8 *mm* im Durchmesser aufwärts und in Längen bis 15 *m* erzeugt. Bei einem Durchmesser von 8 bis 12 *mm* widerstehen sie einem Drucke von 2 bis 3 Atm. und von 15 *mm* Durchmesser aufwärts einem Drucke von 10 bis 15 Atm.

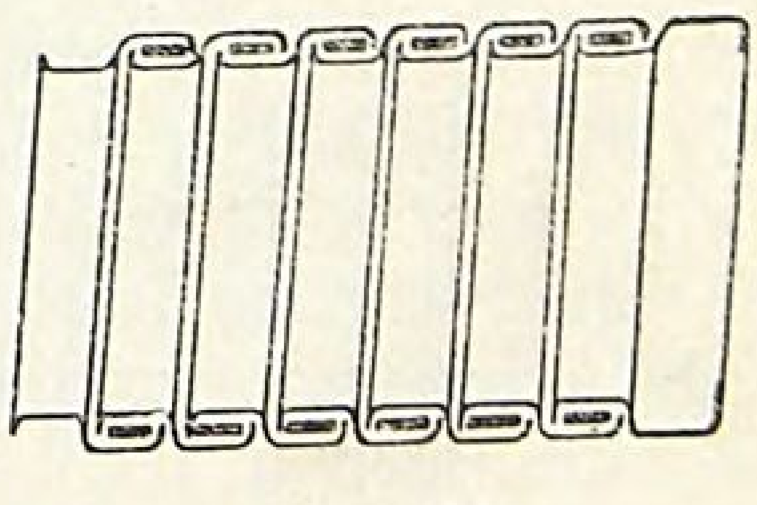


Fig. 126.

8. Schläuche zerfallen je nach dem Herstellungsmaterial in Hanf-, Kautschuk- und Lederschläuche, von denen die letzteren ihrer höchst seltenen Verwendung wegen ausser betracht bleiben können.

Die als Hohlgewebe auf besonderen Webstühlen aus Hanfgarn erzeugten Schläuche sind ihrer grossen Biegsamkeit, Festigkeit und Leichtigkeit wegen — aber nur für Wasserleitungen, z. B. an Feuerspritzen — sehr viel in Gebrauch und demnach in den verschiedensten Längen und Weiten zu haben, wozu bemerkt werden muss, dass die Weite gewöhnlich durch die Breite gemessen wird, die ein Schlauch nach dem Zusammenklappen annimmt. Das Verhältnis zwischen diesen Breiten (b) und dem inneren Schlauchdurchmesser (d) zeigt folgende kleine Tabelle:

b =	26	32	39	46	52	58	65	71	78	85	91	98	150 *mm*
d =	16	20	25	30	34	38	43	47	52	56	60	64	100 *mm*

Hierzu sei bemerkt, dass die Fabrikationslänge nicht vom Durchmesser abhängig ist und dass die Länge der Stücke in der Regel 100 *m* beträgt.

Es entspricht der Natur des Gewebes, dass die Hanfschläuche im trockenen Zustande Wasser durchlassen und erst genügend dicht sind, wenn sich das Gewebe mit Wasser vollgesogen hat, weil dadurch die Fäden anschwellen und sich fester zusammenschieben. Aber auch in diesem Zustande darf der Druck in den gewöhnlichen Schläuchen die Höhe von 5 Atm. nicht überschreiten. Um sie für grössere Pressungen brauchbar zu machen unterwirft man sie einer Art Gerbung und überzieht sie inwendig mit einer dünnen Kautschuklage (präparirte Schläuche); die Widerstandsfähigkeit bei ruhigem Drucke soll dann mindestens 15 Atm. betragen.

Damit die Hanfschläuche durch die Nässe nicht schnell zu Grunde gehen, müssen sie nach dem Gebrauch gehörig getrocknet und hängend aufbewahrt werden.

Kautschukschläuche (Gummischläuche) bestehen entweder aus reinem oder vulkanisirtem Kautschuk ohne und mit Einlagen aus einem Hanf- oder Baumwollgewebe. Mit Einlagen versehen halten sie bedeutende innere Pressungen (7 bis 20 Atm.) aus. Gummischläuche von kleinen Durchmessern bis etwa 15 *mm* kommen in allen Weiten im Handel vor; von 15 *mm* aufwärts und mit 1 bis 5 facher Hanfeinlage erhalten sie Weiten, welche mit den Hanfschläuchen (s. oben) übereinstimmen. — Um das Zusammenklappen der Schläuche durch äusseren Druck zu verhindern, genügt in gewöhnlichen Fällen eine mehrfache Hanfeinlage; grössere Schläuche (z. B. Saugschläuche an Pumpen und Feuerspritzen) erhalten jedoch ausserdem noch eine Drahtspirale als Einlage, die so zu umhüllen ist, dass die innere Wandfläche glatt d. h. ohne Wellen bleibt.

II. Rohrverbindungen, Rohrdichtungen, Rohrbeschläge und Rohrleitungen.

A. Setzstücke und Kompensatoren.

Infolge des ausserordentlich ausgedehnten Kreises und nicht weniger der grossen Verschiedenartigkeit in der Verwendung von Röhren, sind die Mittel, welche zur Verbindung von Röhren und der damit zusammenhängenden Dichtung an den Verbindungsstellen, sowohl in bezug auf die Formen als die Materialien ungewöhnlich zahlreich geworden.

In den meisten Fällen handelt es sich um Anlage von Leitungen,

welche aus einer Hauptleitung und Nebenleitungen bestehen, demnach also auch um Mittel, welche die Ableitungen konstruktiv gestatten. Diese Mittel bestehen grösstenteils in besonderen, der Hauptleitung eingefügten Rohrteilen (Setzstück'e), welche die in Fig. 127 dargestellten Formen erhalten, je nachdem die Abzweigung einfach oder doppelt, recht- oder spitzwinkelig oder auch teilend erfolgen soll, wobei eine Veränderung der Weiten auf die Form insofern von Einfluss ist, als Abzweigungen mit kleineren Weiten, des allmählichen Ueberganges wegen, stets kegelförmig verlaufen. Diese Setzstücke (Fig. 127) heissen T-Stücke

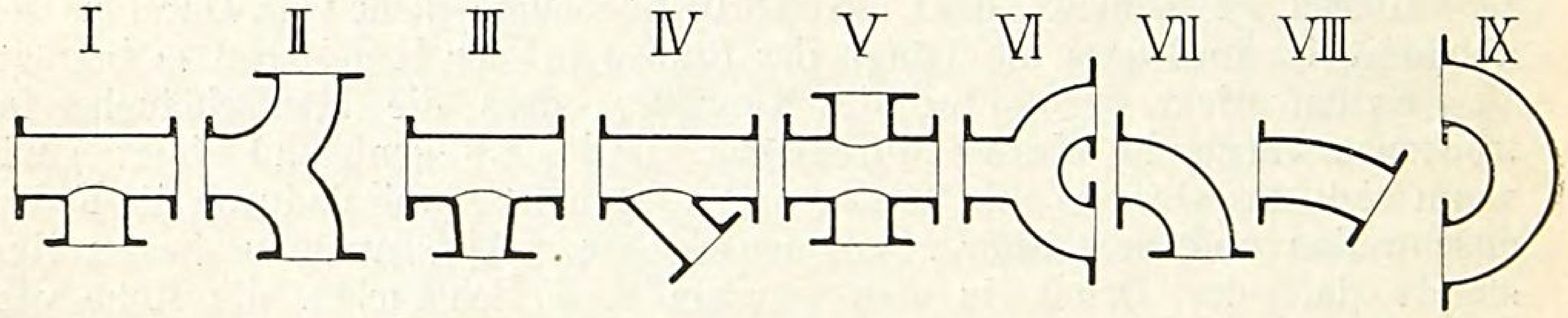


Fig. 127.

I und II, Kegelstutzen III, Winkelstücke IV, + (Kreuz)stücke V. — Auch zur Hervorbringung von Richtungsänderungen bedient man sich solcher Setzstücke (VI, VII, VIII, IX), welche am zweckmässigsten gebogen sind (Krümmer), da die Winkelstücke (Knie) durch die plötzliche Veränderung des Flüssigkeitslaufes unnöthiger Weise Druckverluste verursachen.

Bei längeren Rohrleitungen, welche abwechselnd der Erwärmung und Abkühlung ausgesetzt sind (Dampfleitungen, Warmwasserleitungen), werden Einrichtungen getroffen, welche die durch den Temperaturwechsel entstehende Ausdehnung und Verkürzung der Röhren unschädlich machen, indem sie diese Bewegungen ohne Nachteile für die Leitungen ermöglichen. — Liegen die Röhren nicht in geraden sondern in gebrochenen oder krummen Linien, so gewinnen sie sehr oft in diesen Krümmungen genügend Spielraum für die genannten Längenveränderungen. Bei geraden Leitungen dagegen schaltet man sog. Ausgleicher (Kompensatoren) ein, welche in beiden Bewegungsrichtungen nachgeben.

Sehr gebräuchlich sind gebogene Röhren (Rohrkompensator) (Fig. 128) aus elastischen Metallen (gewöhnlich Kupfer), deren Schenkel

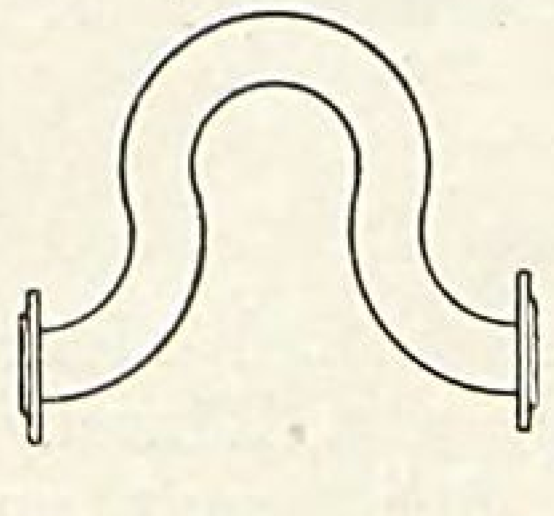


Fig. 128.

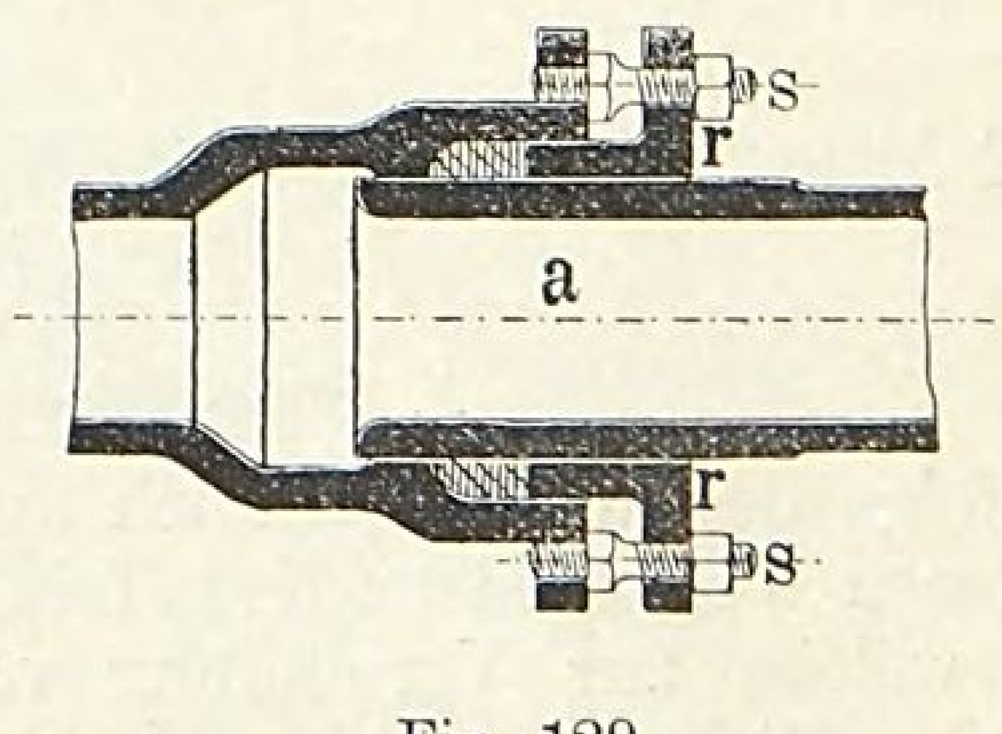


Fig. 129.

sich nähern und entfernen, oder Rohrmuffen von solcher Einrichtung, dass (Fig. 129) das eingeschobene glattcylindrische Rohrende a sich in der

Muffe unbeschadet der Dichtheit verschiebt. Zum Dichten dient ein zusammendrückbares Material (Hanf, Asbestschnur etc.), welches in den ringförmigen Raum x x x gebracht und mittels eines Ringes r und Schrauben s zusammengeschoben und abdichtend gegen die Wände gepresst wird, ohne die Bewegung von a zu hindern (Stopfbüchsenkompensator). Eine dritte Art entsteht durch zwei kreisrunde schalig geformte Platten, welche mit ihren Hohlseiten einander zugekehrt, zentrisch mit den Rohrenden befestigt und an dem Umkreise dicht vernietet sind. Dieser Plattenkompensator hat den Nachteil, dass der zwischen den Platten befindliche Raum die etwa mit dem Rohrinhalt fortgeführten Teile (Wasser, Kalkniederschläge etc.) festhält, und dass die Platten durch den Flüssigkeitsdruck auseinander getrieben und leicht zertrümmert werden.

Am sichersten in der Wirkung ist der in Fig. 130 skizzirte Gelenkkompensator Derselbe besteht aus einem Rohrstück a b, welches an beiden Enden rechtwinkelig aufgebogen und als Stopfbüchse ausgebildet ist. Die zu verbindenden Röhren A und B enden desgleichen knieförmig und treten mit den Abbiegungen in die genannten Stopfbüchsen. Indem sie sich in diesen wie Zapfen drehen, erhalten sie die erforderliche Beweglichkeit. — Eine andere Ausführung dieses Gelenkkompensators besteht in der Anwendung von Kugelgelenken nach Art der Rohrverbindung S. 87 Fig. 131, III statt der Drehzapfen.

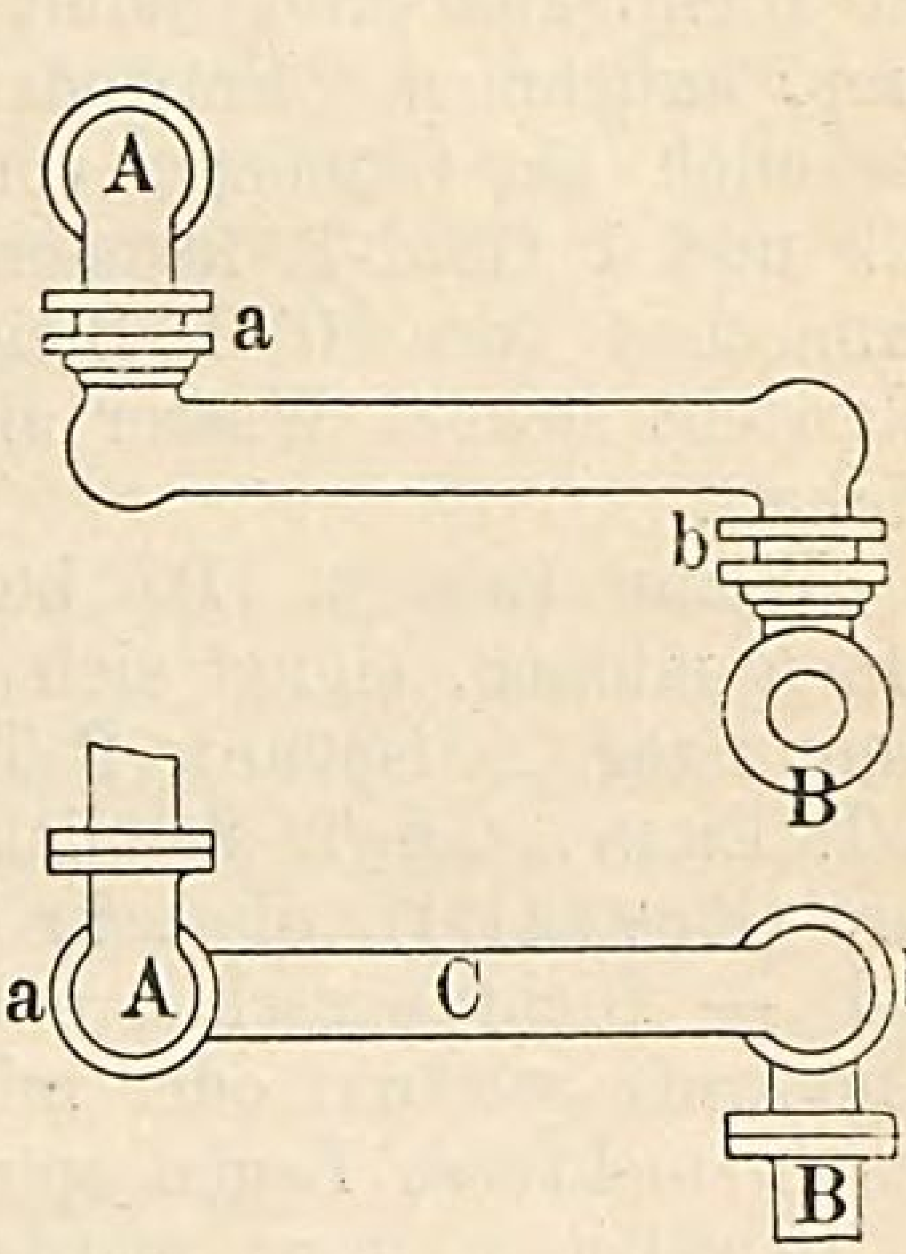


Fig. 130.

Bezüglich der Anordnung der Kompensatoren genügt die Bemerkung, dass es ausreicht, bei Temperatursteigerungen bis 150° auf je 100 *m* Röhrenlänge einen Spielraum von 20 *cm* zu gestatten.

B. Rohrdichtungen.

Von grosser Wichtigkeit für Rohrleitungen sind die an den Zusammenfügungsstellen hervorzubringenden vollkommenen Abdichtungen, welche ein Entweichen des Röhreninhaltes verhindern sollen und demgemäss sowohl der Beschaffenheit des letzteren als dem beabsichtigten Drucke anzupassen sind. Vor allem ist deshalb darauf zu sehen, dass die etwa erforderlichen Abdichtungsmittel von dem Rohrinhalt (Wasser, Dampf, Gas, Petroleum, Laugen, Spiritus, Benzin u. s. w.) nicht erweicht, aufgelöst oder zerstört, von der Temperatur nicht geschmolzen und von dem Drucke der Flüssigkeit weder zertrümmert noch verschoben werden.

Während in vielen Fällen eine unmittelbare Berührung der zusammentretenden Flächen genügt, wenn diese entsprechend (z. B. zur Vergrösserung der Berührungsflächen kegelförmig oder geriffelt) gestaltet sind, oder eine dünne Zwischenschicht aus einem zweckmässigen Kitte die Dichtung ausreichend sichert, wird doch gewöhnlich eine Zwischenlage erforderlich, welche sich vollkommen an alle Flächenteile anlegt. Zur Herbeiführung

eines solchen Anschlusses benutzt man entweder teigartige, oder weiche oder elastische Massen, welche unter geringem Drucke sich anschmiegen, oder härtere Materialien, welche unter starker Pressung sich anschliessen oder auch sogar eindrücken. — Zu der ersten Klasse gehören die flüssigen oder steifen Kitte, Stricke und Schnüre aus Hanf, Baumwolle, Asbest, Draht u. s. w., sodann Scheiben, Ringe oder Streifen aus Hanf-, Baumwolle-, Asbest- und Draht-Gewebe, Pappe, Leder, Kautschuk oder Blei. — Zu der zweiten Klasse sind zu rechnen Ringe aus Kupfer, Rotguss, Bronze, Eisen und Stahl.

Besonders häufig werden von den Kitten diejenigen angewendet, welche durch Zusammenkneten von Bleimennige mit Leinölfirnis entstehen, weil diese durch Austrocknen und Verharzung einen hohen Grad von Härte und Dichtigkeit und damit Widerstandsfähigkeit gegen Wasser, Luft und Dampf annehmen. Entweder mischt man nur Mennige mit dem Firnis oder auch ein Gemenge von 2 Gew.-T. Bleiglätte, 1 Gew.-T. zerfallenen Kalk und 1 Gew.-T. feinsten Sand. — Ein vorzüglicher Kitt entsteht durch Vermischen von 50 T. Bleiglätte mit 6 T. Glycerin zu Teig; derselbe widersteht sowohl Wasser als Säuren vollkommen und wird sehr schnell steinhart.

Wenn (wie z. B. bei Trinkwasserleitungen) Bleioxyde vermieden werden müssen, eignet sich als Kitt eine Mischung von 10 T. Lehm, 5 T. Eisenpulver (Feilspäne), 2 T. Essig und 3 T. Wasser (Eisenkitt), oder 65 T. Eisen, 2,5 T. Salmiak, 1,5 T. Schwefelblumen und 1 T. Schwefelsäure (Rostkitt), die sehr hart und vollkommen wasser- und dampfdicht wird. — Dichtungsschnüre legt man, nachdem sie zweckmässig vorher mit Leinölfirnis getränkt oder mit dem entsprechenden Kitte bestrichen sind — stets in mehreren Lagen spiralig neben- oder übereinander. Auch Scheiben aus Geweben u. s. w. werden in solcher Weise vorbereitet, Pappe insbesondere durch mehrfaches Eintauchen in kochendes Leinöl und darauf folgendes Trocknen bei etwa 50° C. — Bei Anwendung von Leder und Kautschuk ist zu berücksichtigen, dass ersteres keine erhebliche Wärme, letzteres zwar Temperaturen bis 150° aber ohne besondere Einlagen von Draht, Hanfgewebe etc. keine starke Pressung verträgt. Im Uebrigen gehören die Dichtungen aus dem zuletzt genannten Material zu den zuverlässigsten, besonders wenn man es in Vertiefungen (Rillen) der Berührungsflächen einbettet. — Bei Dampfleitungen ist der Vorschlag beachtenswert, den aus Kautschuk und Schwefel bestehenden Teig unvulkanisirt an die Dichtungsstellen zu bringen und das Vulkanisiren (wozu eine Temperatur von 120 bis 130° erforderlich ist) durch die Wärme der Leitungsröhren erst nach der Dichtung zu veranlassen, um einen sehr genauen Anschluss zu erzielen.

Vielfache Verwendung findet als Dichtungsmaterial das Blei, da dasselbe sich nicht nur wegen seiner niedrigen Schmelzwärme (334°) leicht eingiessen, sondern auch infolge seiner grossen Weichheit ohne Gefahr für die Leitung verstemmen lässt. Doch ist hierbei zu bemerken, dass sich Blei zu Dichtungen von Dampfleitungen nicht eignet, weil es durch Wasserdampf zerstört wird. — Ferner gebraucht man in neuerer Zeit auch das Asbest in verschiedener Zubereitung, als Schnur, Platte, Gewebe u. dergl. als Dichtungsmaterial.

Naturgemäss verbürgen Dichtungen aus Kupfer, Bronze, Messing,

Eisen oder Stahl bei passender Gestaltung und richtigen Abmessungen, wegen der grossen Widerstandsfähigkeit der genannten Materialien die grösste Sicherheit und Dauerhaftigkeit, weshalb ihre Verwendung auch stetig zunimmt. Sie bewirken die Dichtung erstens dadurch, dass sie sich unter dem Drucke der Dichtungsschrauben an die Flächen anschmiegen. Zu dem Zwecke erhalten sie die Form eines Ringes, dessen Querschnitt ein einfaches Dreieck oder H förmig ist; wobei die erste Form bei kleineren, die zweite bei grösseren Pressungen gewählt wird. — Zweitens erzielt man mit ihnen die Dichtung durch genaues Einpassen mittels Einschleifens, wie bei den sog. Linsenringen (S. 88). — Drittens bewirkt man die Dichtung durch Einschneiden der deshalb mit scharfen Kanten versehenen Ringe in die Berührungsflächen. Indem diese letztgenannten Ringe aus Stahl hergestellt werden müssen, verfertigt man die anderen gewöhnlich aus Kupfer, Messing, Schmiedeisen oder Bronze. — Eine sehr empfehlenswerte Dichtung entsteht, wenn man in Metallringe von H Form oben und unten Ringe von Kautschuk legt, die ein klein wenig überstehen.

C. Rohrverbindungen.

Man unterscheidet zweckmässig feste und lösbare Rohrverbindungen, je nachdem die Absicht besteht, die Verbindung gar nicht oder öfter aufzuheben (auskuppeln), wie u. A. bei Schlauchverbindungen vielfach erforderlich oder wünschenswert ist. Nach den Verbindungsmitteln dahingegen giebt es: Flanschen-, Muffen-, Schrauben- und Formungs-Verbindungen.

1. Flanschenverbindungen.

Die Flanschenverbindung verwendet man vorzugsweise zur Vereinigung von gusseisernen Röhren, weil diese durch den Guss leicht mit Flanschen versehen werden können. — In anderer Ausführung dienen sie übrigens auch vielfach zur Verbindung von Röhren aus Schmiedeisen, Kupfer, Blei etc. Entweder erhalten diese durch Umbördeln eine herumlaufende Kante (Fig. 131, II) und sodann zum festhalten bei weichem Material

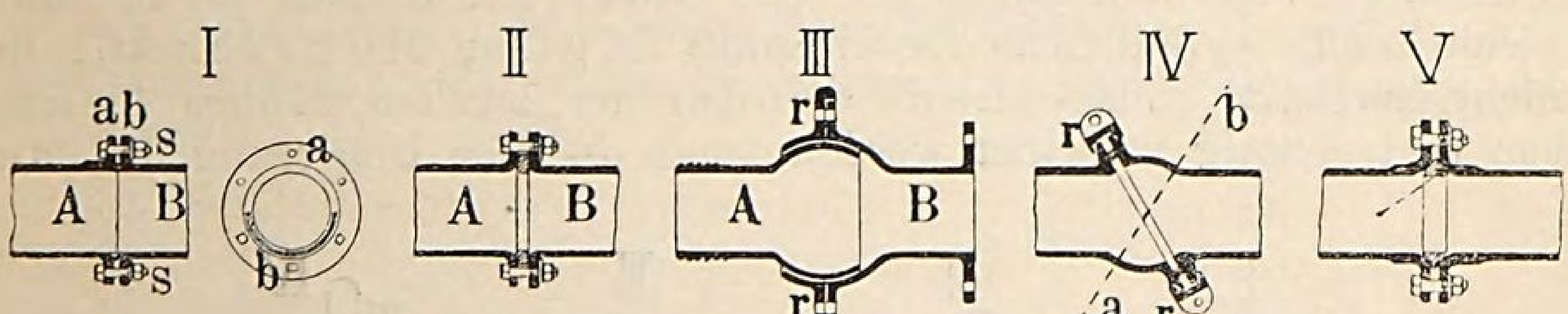


Fig. 131.

(Blei, Zinn) zwei Ringe, die mittels Schrauben zusammengepresst werden. Oder man stattet die Röhren dadurch mit Flanschen aus, dass man auf den Enden Ringe von L Querschnitt aus Winkeleisen oder gegossen durch Nieten oder Aufschrauben befestigt. Die Vereinigung erfolgt dann auf gewöhnliche Weise durch Schrauben.

Im allgemeinen sind obige Verbindungen starr; um sie gelenkig zu erhalten, bildet man die Flanschen zu Kugelschalen in der Weise aus, dass

(Fig. 131, III) die Kugelschale eines Rohres A in die Kugelschale des Rohres B eingeschoben und mit Hilfe des Ringes r, r festgehalten werden kann. Diese Gelenkverbindung gestattet nicht nur eine Drehung der Röhren um ihre Achse, sondern auch eine Wendung nach allen Richtungen. — Die Möglichkeit, die Bewegung eines Rohres gegen das andere um eine Neigung der Rohrachsen, also eine Ablenkung herbeizuführen, erreicht man sehr einfach durch eine schräge Anordnung der Flanschen (Fig. 130, IV), wodurch die Drehung eines Rohres um die Achse bis in die Lage a b, also in einer Kegelfläche ausführbar wird. Um dabei in der Grösse der Drehung unbeschränkt zu sein, vermittelt man die Verbindung der Flanschen zweckmässig durch zwei Halbringe r und zwei Schrauben, welche infolge der keilförmigen Beschaffenheit der Flanschen und Ringe ein kräftiges Anpressen bewirken.

Zur Dichtung der Flanschenverbindung genügt oft ein genaues Zusammenpassen durch Aufschleifen und Bestreichen der Berührungsflächen mit dünnflüssigem Kitt, namentlich, wenn ein weiteres Uebereinandergreifen durch angearbeitete Kegelflächen bewirkt wird. — Sehr gewöhnlich benutzt man jedoch Ringplatten, welche mit Kitt bestrichen sind, oder Ringe von Kautschuk oder Metall, wobei Kautschukringe am zweckmässigsten in eingedrehte oder eingegossene Nuten gelegt werden. — Besonders zu empfehlen sind die sog. Linsenringe (Fig. 131, V), deren Oberflächen Kugelstreifen bilden. Dieselben bestehen aus Rotguss oder Bronze und finden ihren Platz an den inneren Endkanten der Röhren, die zu dem Zwecke erst kegelförmig und darauf kugelförmig erweitert sind, so dass die Linsenringe an den kugelförmigen Teilen einen genauen Anschluss bekommen, wozu bei sorgfältigster Ausführung sogar ein Einschleifen vorausgeht. Diese Linsendichtung gewährt infolge der Berührung an Kugelflächen den wichtigen Vorteil, dass die Röhren an den Verbindungsstellen wie bei einem Kugelgelenk beweglich bleiben und, ohne die Dichtung zu beeinflussen, auch ohne Beibehaltung der Achsenrichtung an einander gereiht werden können.

2. Muffenverbindungen.

Für diese Verbindungen (Fig. 132) erhält jedes Rohr B an einem Ende eine solche cylindrische Erweiterung (Muffe; Muffröhren), dass das nicht erweiterte Ende (Mandelende) des zweiten Rohres hineingeschoben und gehörig gedichtet werden kann. — Der Uebergang der Muffe

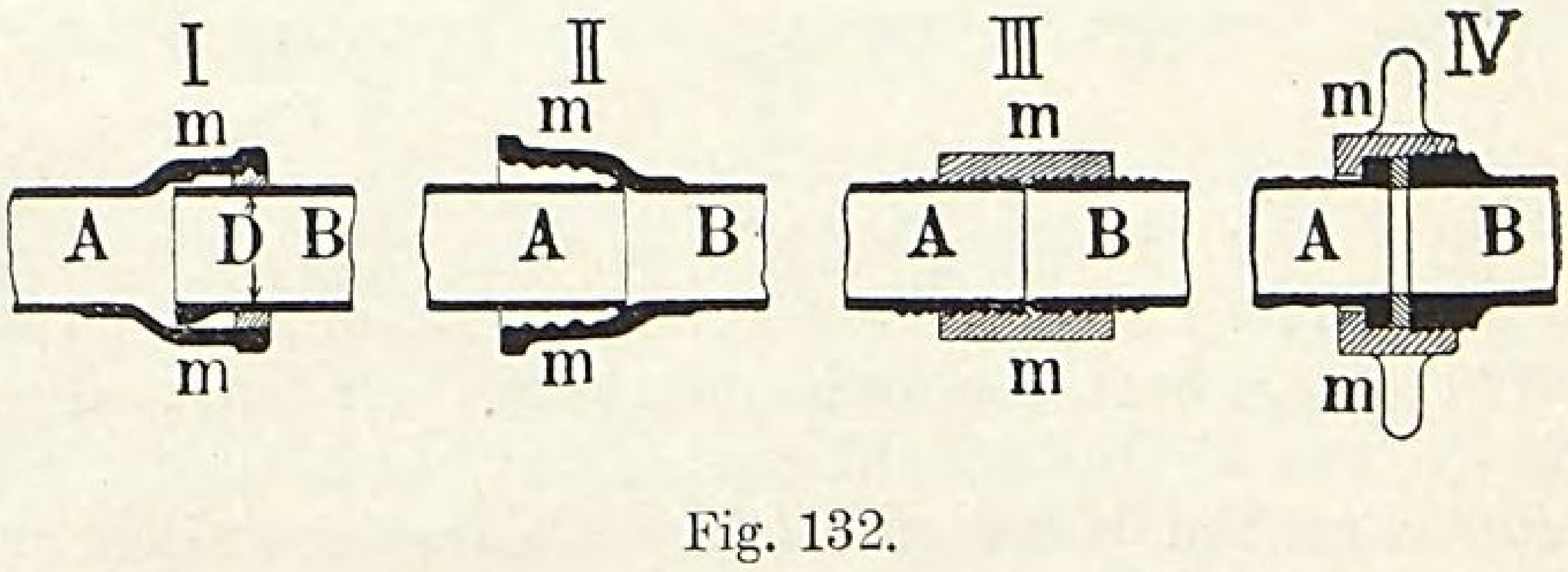


Fig. 132.

m zu dem Rohr A erfolgt durch ein Hohlkegelstück, damit sich das hineintretende Rohr durch Anlegen an die Kegelfläche leicht zentriren lässt. Die

Muffe ist so weit zu wählen, dass um das Mandelende des Rohres B genügend Raum für die Aufnahme des Dichtungsmaterials bleibt. Man bemisst die Weite b dieses Raumes nach der Formel

$$b\ cm = 0{,}5 + 0{,}007\ D.$$

Die Muffenverbindung findet hauptsächlich bei gusseisernen Wasser- und Gasleitungsröhren Verwendung. Ihre Dichtung erfolgt dann gewöhnlich in folgender Weise. Nachdem die Röhren ineinandergeschoben sind, wird zuerst ein mit Teer getränktes Seil um das Mandelende des betreffenden Rohres gewunden und mittels eines Stampfers in den Muffenraum so eingestossen, dass der letztere auf etwa $^1/_3$ der Länge gefüllt ist. Hierauf füllt man den Rest unter Zuhilfenahme eines abschliessenden Bleches oder einer Art von Thonform mit flüssigem Blei aus, entfernt das Blech oder das Thonstück und verstemmt das Blei, um eines genauen Anschlusses sicher zu sein. — Eine ebenso einfache als zuverlässige Dichtung liefern runde Ringe aus vulkanisirtem Kautschuk, wenn dieselben in der Muffe etwas platt und in seichte, herumlaufende Nuten eingedrückt werden. Man gestaltet zu dem Zwecke die Muffen etwas kegelförmig (Fig. 132, II), legt den Kautschukring um das Mandelende des anzuschliessenden Rohres und schiebt letzteres unter starkem Druck z. B. mittels eines Hebels in die Muffe. Dadurch zwängt sich der Ring gewaltsam in dem Hohlraum ein und bewirkt unter Beibehaltung einer gewissen Beweglichkeit einen vollkommenen Abschluss.

Bei Dampfleitungen darf Blei gar nicht, Kautschuk nur bei Pressungen unter 3 Atm. verwendet werden; man dichtet daher Dampfmuffenröhren mit Asbestschnüren und Eisenkitt. Weil indessen auch diese Dichtungen, wegen der durch den Wechsel von Erwärmen und Abkühlen entstehenden Bewegung der Röhren nicht dauernd zu sein pflegen, so vermeidet man Muffenröhren zu Dampfleitungen überhaupt.

Zu den Muffenverbindungen gehören auch diejenigen Verbindungen, welche dadurch gebildet werden, dass man das eine Ende der Röhren aus Blei, Schmiedeisen, Kupfer u. s. w. durch einen Dorn kegelförmig auftreibt, das andere Ende durch Abschaben, Abfräsen etc. kegelförmig verjüngt, die so vorgerichteten Röhren in einander schiebt und endlich durch Verlöten oder aufgeschobene Ringe u. dergl. vereinigt. —

Um muffenlose also stumpf auslaufende Röhren zu verbinden, bedient man sich sehr zweckmässig besonderer Muffenstücke (Doppelmuffen), in welchen man die Röhren zusammenschiebt und auf eine der angegebenen Arten dichtet.

3. Schraubenverbindungen.

Die Verbindung der Röhren mittels Zusammenschrauben, welche die allgemeinste Verbreitung bei den sog. gezogenen und gewalzten Röhren aus Schmiedeisen und Stahl gefunden hat, wird auf verschiedene Weise ausgeführt.

1. Das eine Rohr erhält ein Muttergewinde, das zweite ein äusseres Gewinde und wird mit diesem in das erste hineingeschraubt. Diese Verbindung ist nur anwendbar, wenn die Rohrdurchmesser verschieden sein können oder wenn die Röhren zur Aufnahme der Muttern muffenförmig

erweitert sind. Da sie nun im letzten Falle die Herstellung der Röhren erschwert, so steht sie überhaupt wenig in Gebrauch.

2. Die Röhren erhalten äussere Gewinde zum Aufschrauben von Platten, die als Flanschen dienen und auf die (S. 87) erwähnte Art die Vereinigung bezwecken. — Ihrer Umständlichkeit halber ist diese Verbindung nur selten begründet.

3. Die Röhren werden mit äusseren Gewinden versehen und durch eine Büchse m (Fig. 132, III) (Muffe, Fitting) verbunden, in welcher sich ein zugehörendes Muttergewinde befindet. Von dieser ebenso einfachen als sicheren Art der Verbindung macht man den umfassendsten Gebrauch, da auch krumme Muffen sowie ⅃ -, ┼ - und ├ -Stücke auf gleiche Weise für Abzweigungen zu benutzen sind. Der ausgedehnten Anwendung entsprechend, ist das Gewinde nach einer bestimmten Skale gewählt, so dass alle Stücke und Röhren von gleichem Durchmesser gleiche Gewinde haben und auswechselbar sind. — Diese sog. Gasgewinde sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle für Gasgewinde.

Nr.	Lichter Rohrdurchmesser		Aeusserer Gewindedurchmesser		Gewindetiefe		Anzahl der Gänge per	
	engl. Zoll	mm	engl. Zoll	mm	engl Zoll	mm	engl. Zoll	Durchm.
1.	$^1/_8$	3,175	$^{13}/_{32}$	10,318	0,023	0,5842	19	—
2.	$^1/_4$	6,350	$^{17}/_{32}$	13,493	0,034	0.8636	19	$10^3/_{32}$
„	$^3/_8$	9,525	$^{20}/_{32}$	15,875	0,034	0,8636	19	$11^7/_8$
3.	$^1/_2$	12,700	$^{26}/_{32}$	20,637	0,046	1,1684	14	$11^3/_8$
„	$^5/_8$	15,875	$^{29}/_{32}$	23,018	0.046	1,1684	14	$12^{11}/_{16}$
„	$^3/_4$	19,050	$1^1/_{32}$	26,194	0,046	1.1684	14	$14^7/_{16}$
4.	$^7/_8$	22,225	$1^6/_{32}$	30,162	0.058	1,4732	11	$13^1/_{16}$
„	1	25,400	$1^{10}/_{32}$	33,337	0,058	1,4732	11	$14^7/_{16}$
„	$1^1/_4$	31,749	$1^{20}/_{32}$	41,274	0,058	1,4732	11	$17^7/_8$
„	$1^1/_2$	38,099	$1^{28}/_{32}$	47,624	0,058	1,4732	11	$20^5/_8$
„	$1^3/_4$	44,499	$2^4/_{32}$	53,974	0,058	1,4732	11	$23^3/_8$
4a.	2	50,799	$2^{12}/_{32}$	60,325	0,058	1,4732	11	$26^1/_8$
„	$2^1/_4$	57,149	$2^{20}/_{32}$	66,674	0,058	1,4732	11	$28^7/_8$
„	$2^1/_2$	63,499	3	76,199	0,058	1,4732	11	33
„	$2^3/_4$	69,849	$3^4/_{32}$	79,374	0.058	1,4732	11	—
„	3	76,199	$3^{16}/_{32}$	88,898	0,058	1,4732	11	—
5.	$3^1/_2$	88,898	$3^{30}/_{32}$	100,01	0,058	1.4732	11	—
„	4	101,60	$4^{14}/_{32}$	112,71	0,058	1,4732	11	—

Nach den in dieser Tabelle angegebenen Abmessungen werden die Setzstücke jetzt gewöhnlich aus weichem Eisenguss hergestellt und mit Gewinden versehen. Zum Zusammenschrauben bedient man sich besonderer Zangen (Rohrzangen) oder auch wohl gewöhnlicher Schlüssel, wenn die äussere Gestalt der Setzstücke sechseckig ist. — Eine häufig vorkommende Abweichung dieser einfachsten Verbindungsform besteht (Fig. 132, IV) darin,

dass das Setzstück m mit einem nach innen vorspringenden Ende über das aufgebogene Ende des Rohres geschoben und mit dem zweiten Gewinde tragenden Teil auf das andere Rohrende geschraubt wird (Dosenschraube) Beide Verbindungen gestatten einen sehr festen Anschluss der Röhren an einander und ein schnelles und bequemes Lösen. Ersterer wird mitunter auch dadurch erreicht, dass man Links- und Rechtsgewinde (S. 12) anwendet.

Für eine ausreichende Dichtung genügt bei sorgfältiger Anfertigung der Gewinde ein gewöhnlicher Kitt. Zur Vermehrung der Dichtung trägt eine geringe Konizität (Anzug) der Schraube bei, weshalb in vielen Fällen ein Anzug von $^1/_{32}$ geraten ist; zugleich wird hierdurch die infolge des Gewindeanschneidens entstehende Schwächung der Röhren vermindert, oder auch ganz aufgehoben.

4. Formungsverbindungen.

Zur Befestigung von Röhren in Gefässwänden, ohne Anwendung von Flanschen oder Schrauben (z. B. der Heizröhren in Dampfkesseln, der Kühlröhren in Kühlgefässen etc.) ist ein Verfahren gebräuchlich, welches wegen einer mit den Röhren vorzunehmenden Formänderung die obige Benennung rechtfertigt. Dasselbe besteht darin, dass man die zur Aufnahme des einen Rohrendes bestimmte Oeffnung in der Wand um etwa 4 *mm* kleiner herstellt als den äusseren Durchmesser des Rohres, dieses darauf mittels eines trichterartigen Stauchringes um denselben Teil verengt, in die Oeffnung eintreibt und an dem nur wenig (2 *mm*) vorstehenden Ende umbördelt, wobei infolge der kegelförmigen Verengung sich das Rohr besonders dicht an die Lochwand anschmiegt. Nachdem das Rohr auf diese Weise zum Festhalten gebracht ist, wird mit Hilfe einer sog. Röhreinwalzmaschine die Rohrwandung in den Löchern ausgewalzt und durch die damit hervorgebrachte Erweiterung eine ausserordentliche feste und dichte Verbindung erreicht. —

C. Schlauchverbindungen.

Die Schlauchverbindungen erfolgen stets mit Hilfe von Setzstücken aus Metall (in den meisten Fällen zur Vermeidung von Rostbildung aus Messing), welche zur Aufnahme der Schläuche kegelförmig auslaufen und solche Abmessungen bekommen, dass man die Schläuche auf diese Kegelstutzen (Hälse) bequem aufschieben kann. Zur Befestigung dient eine umgewickelte Schnur, ein Draht oder ein Klemmring. Um das Abrutschen zu verhindern, versieht man die Hälse mit seichten Rillen, die zweckmässig nach einer Schraubenlinie verlaufen, weil sich dann die Schläuche drehend aufschieben lassen.

Die einfachste Verbindung entsteht durch ein rohrartiges, gerades oder gebogenes Setzstück mit zwei Hälsen. Liegt jedoch die Absicht vor, die Verbindung öfter zu lösen, so erhält jedes Schlauchende ein Setzstück von solcher Einrichtung, dass dasselbe sich mit einem anderen je nach dem Bedürfnisse mehr oder weniger schnell verbinden (kuppeln) oder von demselben trennen (auskuppeln) lässt (Schlauchkupplungen).

Zu diesen Einrichtungen gehören insbesondere die Dosenschraube in der S. 88 Fig. 132 IV angegebenen Ausführung, die Flanschenverbindung mit Ueberwurfschrauben und die Bajonettkupplung. In Fig. 133 ist eine viel verwendete Schlauchkupplung dargestellt, bei welcher das eine Setzstück A mit einer Ohrflanschen und das Stück B mit Verbindungsschrauben s, s ausgestattet sind, die sich in den Oesen u, u drehen, und in die Einschnitte u, u der Flanschen werfen und durch Muttern anziehen lassen.

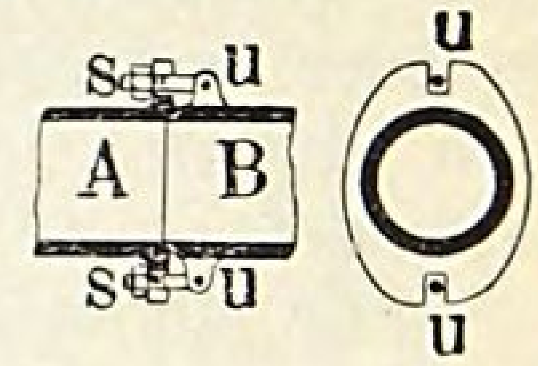


Fig. 133.

Bei dem Bajonettverschluss erfolgt die Verbindung durch hakenartige Vorsprünge, die an dem einen, und Nasen, die an dem zweiten Rohrende sitzen, in der Weise, dass man die Haken gegen die Nasen schiebt und durch eine kurze Drehung um die Schlauchachse hinter denselben festklemmt.

Die in Fig. 134 abgebildete Schlauchkupplung ist dadurch bemerkenswert und ausgezeichnet, dass sie aus z w e i v o l l k o m m e n g l e i c h e n H ä l f t e n besteht, so dass jedes Ende eines Schlauches zur Kupplung mit einem anderen Schlauche geeignet ist. Mit jedem Schlauchende ist ein Stutzen- oder Setzstück A, B verbunden, in dessen Stirnfläche eine keilförmige Nut zur Aufnahme eines Dichtungsringes aus Vulkanit eingedreht ist. Ueber diesen Stutzen ist ein mit Gasgewinde versehenes kurzes Rohr a, a geschoben, das sich gegen den Flansch des Stutzen legt, um diesen sich aber durch die gekerbten Ränder a, a drehen lässt. Jedes Rohr nimmt ferner eine Büchse c, c auf, welche, mit einem Muttergewinde und 3 Haken d, d ausgestattet, einen Bajonettverschluss bildet. Die Kupplung wird nun dadurch bewerkstelligt, dass man die Kupplungshälften zusammenschiebt und dreht, bis die Haken d hintereinanderfassen, und sodann die Röhren a, a weiterdreht, um die Stutzen A und B zusammenzupressen. Da einer der Stutzen auch durch ein mit gleichem Gewinde versehenes Rohr zu ersetzen ist, so kann man mit vorstehend beschriebener Grether-Kuppelung ohne weiteres einen Schlauch mit einem Leitungsrohr in Verbindung bringen.

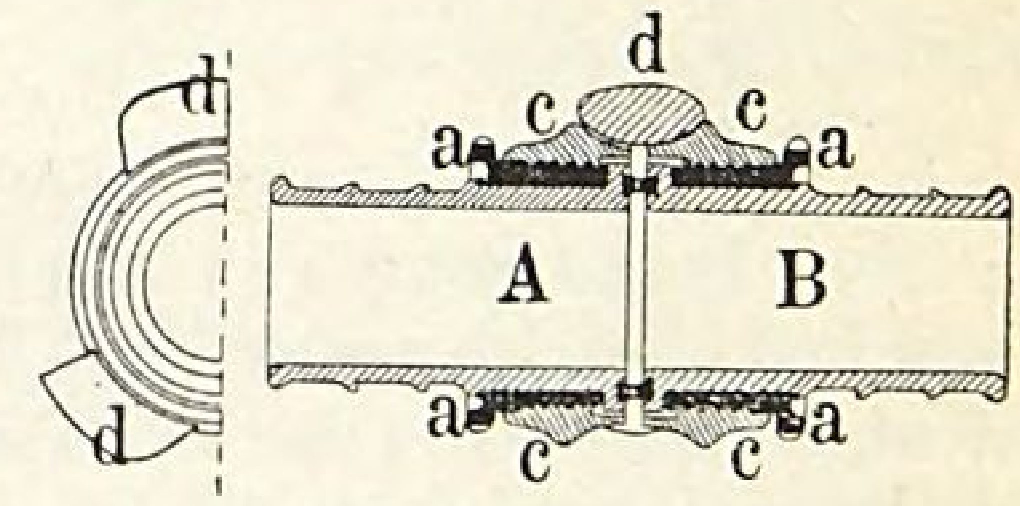


Fig. 134.

Zur Dichtung der Schlauchkupplungen bedient man sich entweder der Kitte, z. B. bei Dosenverschraubungen, die selten gelöst werden, oder eingelegter Ringe aus Kautschuk beziehungsweise Leder (das in geschmolzenem Vaselin gelegen hat) oder endlich bei Kupplungen, die oft und schnell aus- und einzukuppeln (Feuerspritzen etc.), am zuverlässigsten der zusammengeschliffenen Kegel.

D. Rohrumhüllungen.

Bei nicht zu Heizzwecken bestimmten Dampf- und Warmwasserleitungen von einiger Ausdehnung tritt durch Ausstrahlung oder Wärmeabgabe an die Umgebung ein mitunter sehr erheblicher Verlust an Wärme ein, welcher entweder durch Calorien, bezogen auf eine bestimmte Grösse der Oberfläche z. B. 1 *qm* und eine Zeiteinheit z. B. 1 Stunde, oder durch diejenige Wassermenge seinen Ausdruck findet, welche sich, ebenfalls berechnet auf

1 *qm* und 1 Stunde, niederschlägt. — So hat eine Reihe von Versuchen ergeben, dass sich der Verlust an Wärme bei nackten eisernen Dampfröhren von 100 *mm* Durchmesser auf 1 *qm* Rohroberfläche während 1 Stunde:
bei einer Temperatur von

100—15 = 85° auf 804,0 *Calorien* = 1,50 *kg* Kondensationswasser
170—20 = 150° „ 1816,3 „ = 3,74 „ „

beläuft. — Im Durchschnitt d. h. bei mittleren Rohrdurchmessern, mittleren Dampfspannungen oder Temperaturen (5 Atm.; 150° C.) kann eine Kondensationswasserbildung im Betrage von 3,6 *kg*, also ein Verlust von 1750 Wärmeeinheiten auf 1 *qm* während 1 Stunde angenommen werden.

Dieser wirtschaftlich höchst beachtenswerte Verlust ist dadurch beträchtlich zu vermindern, dass man die Röhren mit schlechten Wärmeleitern einhüllt und somit gegen Ausstrahlung und direkte Abgabe von Wärme möglichst schützt. Als Material zu solchen Wärmeschutzmassen ist eine grosse Anzahl von Stoffen in Vorschlag und Anwendung gekommen und zwar namentlich die Tierfasern, Seide, Wolle und Haare, die Pflanzenstoffe Flachs-, Hanf- u. s. w., Fasern, Stroh, Kork, Holzspäne, Torf, Papier etc. und die mineralischen Stoffe Kieselguhr, Schlackenwolle, Asbest, Thon, Magnesia, Bimsstein etc. — Die Form der Verwendung hängt zum Teil von der natürlichen Beschaffenheit, zum Teil von einer vorhergehenden Zubereitung des Materials ab, indem man dasselbe entweder strickartig zusammengedreht um die Röhren herumwickelt, oder zu Platten formt, welche sich dicht anschmiegen und durch Draht festgehalten werden, oder in eine teigartige, erhärtende Masse verwandelt, die in Schichten aufgetragen wird. — Unter diesen Massen sind verschiedene unter besonderen Benennungen bekannt. — Die Leroy'sche Masse bildet ein Gemenge von 448 Thonbrei, 80 Papierzeug, 10 Wollstaub, 10 Hanffasern, 8 Kokosfasern, 55 Holzkohle, 23 Sägespänen, 8 Mehl und 22 Teer und wird im warmen Zustande gemischt. — Die Knoch'sche Trockenmasse wird aus Kieselguhr, Holzzeug und gehackten Haaren, unter Zusatz von Wasser und Durchkneten gebildet. — Zur Kathe'schen Masse verwendet man 20 Papierhalbzeug, 40 Asbest, 20 Schlackenwolle, 20 Holzzeug und soviel Wasserglas, dass durch Kneten ein Teig entsteht. — Die Pimont'sche Masse ist ein Gemenge von Kuhhaaren mit Letten. — Pasquay benutzt als Material Seide, welche zu Platten verarbeitet oder in gewebte Schläuche eingefüllt wird und damit beliebig lange Zöpfe zum Umwickeln bildet. — Die Masse von Berkefeld besteht aus Kieselguhr mit einem Bindemittel oder aus Kieselguhr in einen gewebten Schlauch gefüllt. — An die Massen schliessen sich die auf verschiedene Weise angefertigten Platten an, welche in ihrer Form der Gestalt des Rohres angepasst und gewöhnlich halbe Hohlcylinder sind. Grünzweig und Hartmann bilden solche Platten aus grobem Korkpulver und einem Bindemittel (Kalk; Wasserglas).

Die Dicke, in welcher die Röhren mit diesen Schutzmitteln zu bekleiden sind, beträgt 20 bis 50 *mm*, durchschnittlich 25 *mm* und muss bei hohen Temperaturen grösser genommen werden, als bei niedrigen. — Organische Substanzen erleiden bei hohen Wärmegraden und längerer Einwirkung eine Veränderung zu Ungunsten ihres geringen Wärmeleitungsvermögens, weshalb es geraten ist, sie nicht unmittelbar auf das Metall zu legen, sondern letzteres erst mit einer dünnen Schutzschicht zu bedecken, wozu sich vor-

züglich poröse gebrannte Thonschalen eignen. — Zu den schlechten Wärmeleitern gehört ebenfalls die atmosphärische Luft. Aus dem Grunde dient auch vielfach eine das Rohr umgebende Luftschicht als Schutzmittel, die jedoch nur wirksam wird, wenn sie vollständig eingeschlossen, also am Aus- und Einströmen verhindert wird. Zu dem Zwecke umgiebt man das Rohr in passender Entfernung (25 *mm*) mit einem konzentrischen Rohre aus Weissblech, dessen Endflächen mit Blechringen durch Löten geschlossen werden. Noch erfolgreicher gestaltet sich dieser Schutz, wenn man zwei Schichten z. B. die innere mit 10 die äussere mit 15 *mm* Abstand anwendet. —

Eine sehr einfache und wirksame Schutzhülle wird durch Sackleinwandstreifen erhalten, die mit einer Wasserglaslösung von 30 bis 36° B. getränkt sind. Man umwickelt die Röhren mit solchen Streifen mindestens in 2 Schichten in der Weise spiralförmig, dass die Lagen sich kreuzen, und überstreicht die letzte Lage nochmals mit Wasserglas. Dieser Ueberzug ist zugleich ausserordentlich widerstandsfähig gegen Verbrennen.

Eine Uebersicht über den Nutzen der Wärmeschutzmittel im allgemeinen und der einzelnen insbesondere gewährt untenstehende Tabelle.

Tabelle über
den Wärmeverlust eines horizontalen Heizrohres von 100 *mm* äusserem Durchmesser, ausgedrückt in Kondenswasser pro Stunde und *qm* Oberfläche.

	Temperaturdifferenz 85°		Temperaturdifferenz 150°	
Nacktes Rohr	1,5 *kg*		3,74 *kg*	
	Dicke			
Umhüllt mit	20 *mm*	40 *mm*	20 *mm*	40 *mm*
	kg Kond. Wasser			
Korkschalen	0,46	0,321	0,895	0,625
Seidenmaterial	0,34	0,225	0,664	0,438
Leroy'sche Masse	0,52	0,383	1,032	0,745
Kieselguhrschnur	0,53	0,385	1,034	0,750
Schlackenwolle	0,56	0,415	1,098	0,808
Knoch'sche Masse	0,62	0,471	1,212	0,919
Luftschicht	0,45 (10 *mm*)	0,39 (15 *mm*)	—	—

Diese Tabelle lässt erkennen, dass Seide den besten Schutz bildet und dass darauf eine stille Luftschicht folgt.

Bezüglich der Anwendung der Wärmeschutzmittel sei noch bemerkt, dass es zweckmässig ist, dieselben nach der Anbringung und völligen Erhärtung mit einer Oelfarbe anzustreichen.

E. Rohrbeschläge.

Obwohl die Rohrleitungen den verschiedensten Zwecken dienen und demgemäss in Anlage, Anordnung und Ausstattung hervorragende Ab-

weichungen darbieten und begründen, so fordert ihr Betrieb doch eine Reihe von Massregeln mit entsprechenden Ausführungsorganen, welche in ihren Grundlagen so viel Gemeinschaftliches besitzen, dass es geboten erscheint, sie mit dem Sammelnamen Rohrbeschläge, Rohrarmatur zu belegen und übersichtlich neben einander zu stellen und zu begründen.

1. Bekanntlich enthält alles Naturwasser, insbesondere das Quell-, Fluss-, Meer- und Regenwasser neben mineralischen und organischen Stoffen auch atmosphärische Luft und andere Gase (Kohlensäure) manchmal in erheblicher Menge. Unter gewissen Verhältnissen trennen sich diese luftartigen Stoffe von dem Wasser und sammeln sich in den Leitungen an, indem zugleich diejenigen Mineralstoffe als Schlamm ausgeschieden werden, deren Lösung im Wasser von der Anwesenheit solcher Gase bedingt ist. Da nun die Anwesenheit von Luft und Schlamm in Wasserleitungen für industrielle Zwecke oft störend auf den Betrieb einwirkt, so sind Vorkehrungen zur leichten Beseitigung derselben in den Luftventilen und Schlammkasten zu treffen.

2. Das Wasser ist als eine unzusammendrückbare d. h. im hohen Grade unelastische Masse anzusehen, welche, dieser Eigenschaft entsprechend, bei der Aufnahme eines plötzlichen stossartigen Druckes, von allen Seiten in der Leitung umschlossen, leicht eine Schädigung oder Zertrümmerung der letzteren veranlasst, wenn ihr nicht Gelegenheit geboten wird, an passenden Stellen zu entweichen. Ist nach der Eigentümlichkeit der Leitung eine derartige Wirkung vorauszusehen, so sind entweder Abschlussorgane anzubringen, welche bei plötzlichen Druckwirkungen Oeffnungen zum freien Wasseraustritt schaffen, oder Räume einzuschalten, in welchen das Wasser mit einem elastischen Mittel z. B. Luft zusammentritt (Windkessel).

3. Allein auch bei elastischen Flüssigkeiten (Luft, Dampf etc.) bringen Druckerhöhungen, welche das Maass der Widerstandsfähigkeit des Röhrenmaterials überschreiten, Brüche hervor, welche um so bedenklicher werden, als die Elastizität dieser Druckmittel abgebrochene Teile zugleich fortschleudert. Aus dem Grunde verlangt die Sicherheit des Betriebes Einrichtungen, welche die Ueberschreitung bestimmter Druckgrenzen verhindern. Sie beruhen ebenfalls auf dem Grundsatze, durch Auslassen einer entsprechenden Menge der Druckflüssigkeit eine Entlastung herbeizuführen, gehören demnach zu den Verschlussorganen und werden Sicherheitsventile genannt.

4. Beim Durchströmen von Dampf durch die Rohrleitung ist eine vollständige Vermeidung der Kondensation von Dampf zu Wasser ebenso unmöglich, als die Verhinderung des Mitreissens von Wasser, da ja beim Beginne des Betriebes, also beim Eintritt des Dampfes in die kalten Röhren, durch die Erwärmung der Rohrwände eine Verdichtung des Dampfes immer erfolgt. Solches kondensirtes und Dampfwasser ist aus verschiedenen Gründen schädlich und aus den in 2 angegebenen Ursachen für manche Konstruktionsteile gefahrdrohend. Man versieht daher Dampfleitungen in der Regel mit Vorrichtungen, welche einerseits das mitgerissene Dampfwasser abscheiden „den Dampf trocknen“ (Wasserscheider oder Dampf-

trockner) andererseits das Dampf- und kondensirte Wasser an passenden Stellen sammeln und abführen (Wassersammler, Kondensirtöpfe, Kondensationswasserableiter). — In manchen Fällen tritt während des Betriebsstillstandes infolge der Abkühlung im Innern der Leitung eine Luftverdünnung und dadurch ein Ansaugen von Wasser ein, welches vermieden werden kann, wenn man einen Apparat anbringt, der während der Abkühlung Luft zuführt, die das Gleichgewicht mit der atmosphärischen Luft herstellt und das Ansaugen verhindert (Lüftungs-Apparat). — Ein ähnlicher Apparat dient zum Ausgleich überhaupt, da wo eine Luftverdünnung ganz oder bis zu einem gewissen Grade verhindert werden soll (Luftventil).

5. Fast bei sämtlichen Leitungen, in welchen Flüssigkeiten unter Druck fortgeleitet werden, erfordert es der Zweck, nicht nur die Grösse des Druckes bemessen und überwachen, sondern auch den einzelnen Gebrauchsbestimmungen anpassen und diesen gemäss auf gleicher Höhe erhalten zu können. Zur Erreichung dieses Zustandes stehen neben den eigentlichen Druckmessern (Manometern) selbstthätig in Wirkung tretende, für bestimmte Druckgrössen leicht einzupassende Organe in Gebrauch, welche den Namen Druckregler führen. — Bei derartigen Abzweigungen weicht die Druckgrösse vielfach von der Pressung in der Hauptleitung erheblich ab, so dass zugleich oft die Aufgabe vorliegt, in den Zweigleitungen andere Druckverhältnisse zu schaffen und zu regeln, als in den Hauptleitungen, und zwar ausserdem unabhängig von etwaigen Druckschwankungen in den letzteren. Selbstverständlich liegt nur in allen diesen Fällen insofern eine Beschränkung, als der Druck in den Nebenleitungen niemals denjenigen in der Hauptleitung überschreiten kann. Soweit es sich nun zugleich um eine Druckminderung handelt, werden die hier zur Verwendung gelangenden Druckregler insbesondere Reduzirventile genannt.

6. Eine grosse Anzahl von Verwendungszwecken macht es erforderlich oder doch in hohem Grade wünschenswert, zu jedem Augenblicke die Standhöhe von Flüssigkeiten in den verschiedenen Gefässen, Kesseln u. dergl. durch einfaches Absehen oder Ablesen erkennen zu können. — In anderen Fällen z. B. bei zahlreichen chemisch technologischen Vorgängen ist die Zumischung einer genau abgemessenen Menge von Flüssigkeit (Wasser, Lauge etc.) zu gewissen Substanzen eine Bedingung für die Durchführung bestimmter Prozesse, also z. B. zur Herstellung eines vorschriftsmässigen Konzentrationsgrades von Lösungen in Färbereien, Chemikalienfabriken, zur Erreichung genauer Reaktionen etc. — Wieder in anderen Fällen kommt es darauf an, den Verbrauch einer Flüssigkeit überhaupt zu messen, zu regeln und zu beaufsichtigen. — Demnach ist vielfach auf die Anbringung solcher Vorrichtungen und Apparate Bedacht zu nehmen, welche den Flüssigkeitsstand anzeigen (Wasserstandsapparate) oder Flüssigkeitsmengen abmessen (Wassermesser, Gasmesser) und regeln (Wasserregler, Gasregler).

7. Mittels Rohrleitungen beabsichtigt man stets die Zuführung von Flüssigkeiten aller Art aus einem Vorratsbehälter (Bassin, Dampfkessel, Brunnen, Gas- und Luftbehälter etc.) nach den Verbrauchsstellen (Kochge-

fässen, Dampfmaschinen, Pressen etc.), sowie eine Ableitung derselben von den Gebrauchsstellen, vielfach in einem gewissen Kreislauf, zugleich in Verbindung mit einer Zustandsänderung z. B. zur Benutzung von Wärme in Heiz- und Arbeitsanlagen (Dampfmaschine) —

Um diesen Zweck möglichst vollkommen zu erreichen, ist zunächst bei der Anlage darauf zu sehen, dass — abgesehen von der Anbringung der oben in 1 bis 5 zusammengestellten Beschlagteile und von zweckmässig gewählten Abmessungen — die Leitung so kurz als möglich wird und thunlichst wenig Biegungen erhält.

Beim Betriebe ist das Hauptaugenmerk darauf zu richten, dass der Verbrauch der Leitungsflüssigkeit an den Verbrauchsstellen genau dem vorliegenden Bedürfnisse entspricht und sind demgemäss vor allem noch Einrichtungen zu treffen, welche nicht nur im allgemeinen das Durchleiten der Flüssigkeit durch die Röhren überhaupt gestatten oder aufheben, die Leitungen öffnen oder schliessen und zwar vielfach in genau wiederkehrenden Zeitperioden (Pumpen, Dampfmaschinen etc.), sondern auch die zum Verbrauch gelangenden Mengen dadurch abmessen, dass sie den Querschnitt der Durchflussöffnungen je nach der Verbrauchsmenge mit Leichtigkeit und Sicherheit zu vergrössern oder zu verkleinern gestatten. Die hierzu dienenden Organe haben den allgemeinen Namen **Verschlussorgane** oder **Ventile** erhalten und bilden der Vielseitigkeit ihrer Anwendung und Form entsprechend eine der wichtigsten Klassen der Maschinenelemente, da sie zugleich dazu bestimmt und geeignet sind, einen Wechsel in der Richtung der geleiteten Flüssigkeiten hervorzubringen (Steuerungen u. dergl.)

8. Manche Leitungen bieten beim Betriebe besondere Eigentümlichkeiten dar, welche ihrerseits wieder eigenartige Veranstaltungen notwendig machen. So sei nur darauf hingewiesen, dass beim Betriebe von Maschinen u. dergl. mittels Druckluft infolge der Ausdehnung der letzteren eine erhebliche Temperaturerniedrigung eintritt, die die überall vorhandene Feuchtigkeit der Luft zum Gefrieren und daher durch die Eisbildung die Maschine bald zum Stillstand bringen würde, wenn man nicht durch eine entsprechende **Vorwärmung** der Luft diesem Misstande vorbeugen würde.

Vierter Abschnitt.

Haltungs-Ausrüstung.

Die Bestimmung der Haltungen, sowohl tropfbare als gasförmige oder halbflüssige Körper dauernd oder vorübergehend, offen oder unter Abschluss aufzunehmen und fortzuleiten, weist denselben in der technischen Industrie nicht nur einen ausserordentlich grossen Verwendungskreis an, sondern bedingt auch nebst den mannigfaltigsten Gebrauchsformen eine grosse Anzahl von Organen, welche den Gebrauch unterstützen, sowie den einzelnen Zwecken entsprechend regeln, und im allgemeinen mit denjenigen übereinstimmen, welche S. 94 als Rohrbeschläge zusammengestellt sind. — Unter dem Namen **Haltungsausrüstung** zusammengefasst, zerfallen diese Organe hauptsächlich in Verschlussorgane, Stopfbüchsen und Kolben,

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Flüssigkeitstandzeiger, Dampftrockner und Wasserableiter, Flüssigkeitsdruckmesser, Flüssigkeitsdruckregler und Flüssigkeitsmesser und bilden den Inhalt dieses Abschnittes.

Erstes Kapitel.

Verschlussorgane.

Unter Verschlussorganen im engeren Sinne sind Maschinenelemente zu verstehen, welche die Bestimmung haben, Flüssigkeitsströme zeitweilig zu unterbrechen oder aufzuheben, indem sie die Durchfluss- oder Ausflussöffnungen der Haltungen (S. 74) dadurch verschliessen (absperren), dass sie diese Oeffnungen entweder bedecken oder ausfüllen. — Vielfach legt man diesen Organen auch den allgemeinen Namen Ventile bei; bezwecken sie in bestimmt abgemessenen periodischen Zeiträumen abwechselnd die Aufhebung und Herstellung einer Kommunikation, z. B. der Pumpencylinder mit den Röhren, der Dampfcylinder mit der Dampfleitung u. dergl., so gehören sie zu den Steuerungsorganen.

Die Bethätigung und damit die Anordnung eines Verschlussorgans kann in verschiedener Weise erfolgen, wodurch folgende Hauptarten entstehen.

1. Das plattenartige Verschlussorgan a (Fig. 135 I) bewegt sich klappenartig um ein Gelenk c und legt sich auf die Fläche c d. Die Anordnungen dieser Art bilden die Klappen, Gelenkventile, Klappenventile.

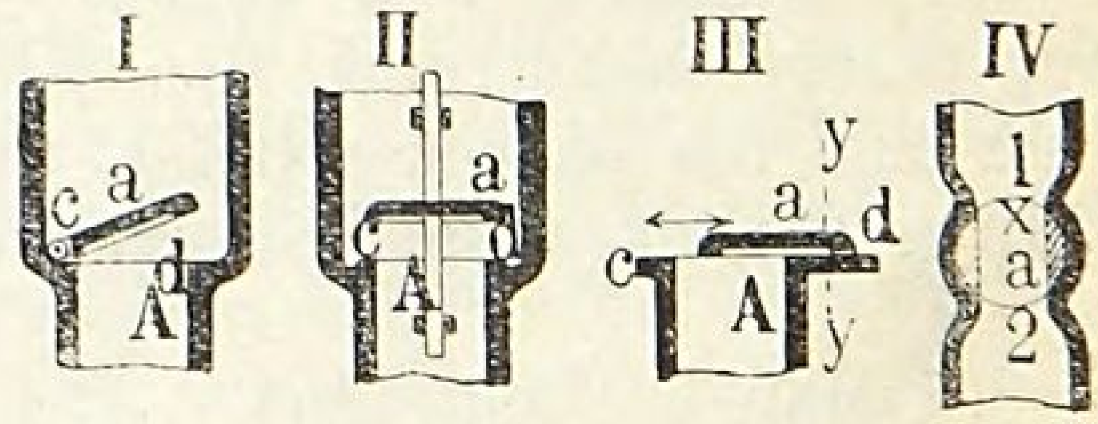


Fig. 135.

2. Das deckelartige Verschlussorgan a (Fig. 135 II) bewegt sich geradlinig und rechtwinklig zu der Fläche c d über der Oeffnung A, hebt sich also an jeder Stelle gleichmässig von c d ab. Diese Anordnungen stellen die eigentlichen Ventile, Hubventile dar.

3. Das Verschlussorgan besteht aus einer Platte a (Fig. 135 III), welche über der Oeffnung A auf der Fläche c d hin- und hergeschoben wird, weshalb diese Art Schieber oder Schieberventil genannt wird. — Da diese Verschiebung sowohl geradlinig in der Pfeilrichtung als auch durch Drehung um eine zu c d rechtwinklig stehende Achse y y erfolgen kann, so unterscheidet man Gleitschieber und Drehschieber.

4. Das cylindrische oder kegelförmige Verschlussorgan a (Fig. 135 IV) besitzt eine Durchgangsöffnung 1, 2, dreht sich um seine geometrische Achse x und bringt dadurch entweder die Durchgangsöffnung 1, 2 in die Stromrichtung oder verschliesst den Stromdurchgang durch eine feste Wand. Die auf solche Weise gekennzeichneten Verschlussorgane werden Hähne genannt.

Diejenigen Flächen c d, mit welchen die Verschlussorgane sich behufs des Abschlusses anlegen, nennt man bei Ventilen Sitzfläche oder Spiegel, auch kurzweg Ventilsitze, bei Schiebern gewöhnlich nur Spiegel. — Die Einzelbezeichnungen Schieberspiegel, Hahnspiegel erklären sich demnach ohne weiteres. Der Körper, der zur Aufnahme der festen Sitzflächen dient, heisst Ventilstuhl.

Um die Verschlussorgane leicht an ihre Stelle bringen zu können, so-

wie bequem zugängig zu machen, werden sie gewöhnlich in einem besonderen Raum (Ventilgehäuse) angebracht, der sich oben oder seitwärts öffnen lässt, im übrigen aber sehr verschiedene Formen erhält.

Die Bewegung der Abschlussorgane erfolgt, wenn sie selten oder unregelmässig vorgenommen wird, oft mit der Hand und zwar mittels eines Griffes, eines Schlüssels, eines Handrades u. dergl. entweder direkt oder indirekt unter Anwendung einer Schraube, eines Hebels u. s. w. — Bei regelmässig wiederkehrenden Bewegungen (in Pumpen, Gebläsen, Dampfmaschinen etc.) geht die Bewegung entweder selbstthätig vor sich und zwar durch den Druck oder Stoss der Flüssigkeit, oder man wendet besondere Bewegungsorgane an, weshalb man selbstthätige und gesteuerte Abschlussorgane unterscheidet. — Mitunter vollzieht sich die Bewegung zum Teil selbsthätig, zum Teil gesteuert.

Damit beim Durchtreten der Flüssigkeiten durch die freigemachten Oeffnungen keine oder die geringste Geschwindigkeitsänderung und infolgedessen weder erhebliche Arbeitsverluste noch Stösse stattfinden, ist sowohl Grösse als Form der Durchtrittsöffnung sorgsam zu bestimmen. Namentlich gilt diese Regel für die wässerigen Flüssigkeiten (in Pumpen), weil bei diesen, ihrer Unelastizität wegen, die Massenwirkung viel mehr als Stoss zur Geltung kommt, wie bei den luftförmigen elastischen Körpern (in Gebläsen)

Die Wahl des Materials, aus welchem die Verschlussorgane hergestellt werden, richtet sich nach der Beschaffenheit der Flüssigkeiten, nach der Art der Herstellung und nach der Form dieser Organe und unter Rücksichtnahme auf Reibungsverhältnisse u. dergl. Am gebräuchlichsten ist Gusseisen, Rotguss, Messing, Bronze, Phosphor-Aluminium- etc. Bronze, Hartblei, Zinn, Blei, Hartgummi, Weichgummi, Leder, Glas, Holz, Filz.

Ihrer Bestimmung gemäss ist das grösste Gewicht auf die Beschaffenheit der dichtenden Flächen zu legen und dafür Sorge zu tragen, dass diese Flächen auf das genaueste zusammenpassen, weshalb das sorgfältigste Abschleifen und Zusammenschleifen der Metall- etc. Flächen, Zurechtschneiden der Gummi-, Leder- u. s. w. Teile zu beobachten ist. — Aus gleichem Grunde sollen die Verschlussorgane eine möglichst sichere Lage und Bewegung haben und mit ausreichenden Führungen versehen sein.

I. Klappen.

Die einfachsten aber vielfach benutzten Klappenventile bestehen aus runden Rindlederscheiben mit einem radialen Lappen zur Befestigung, der als Gelenk dient. Damit diese Klappe sich unter dem Flüssigkeitsdrucke nicht durchbiegt und zugleich Gewicht genug erhält, belegt man sie oben und unten mit Metallplatten (Eisen, Blei, Bronze etc.). Für grössere Durchgangsöffnungen empfiehlt es sich, statt einer runden Platte zwei halbrunde zu nehmen, wodurch die Anordnung Fig. 136 entsteht. Die zwei halbrunden Klappen a, a werden auf einem durch die Mitte des Ventilstuhles G gehenden Steg s durch ein quer über das Leder gelegtes und durch Schrauben mit G verbundenes Stück b befestigt, so dass a und a sich an dem eingeklemmten Leder ge-

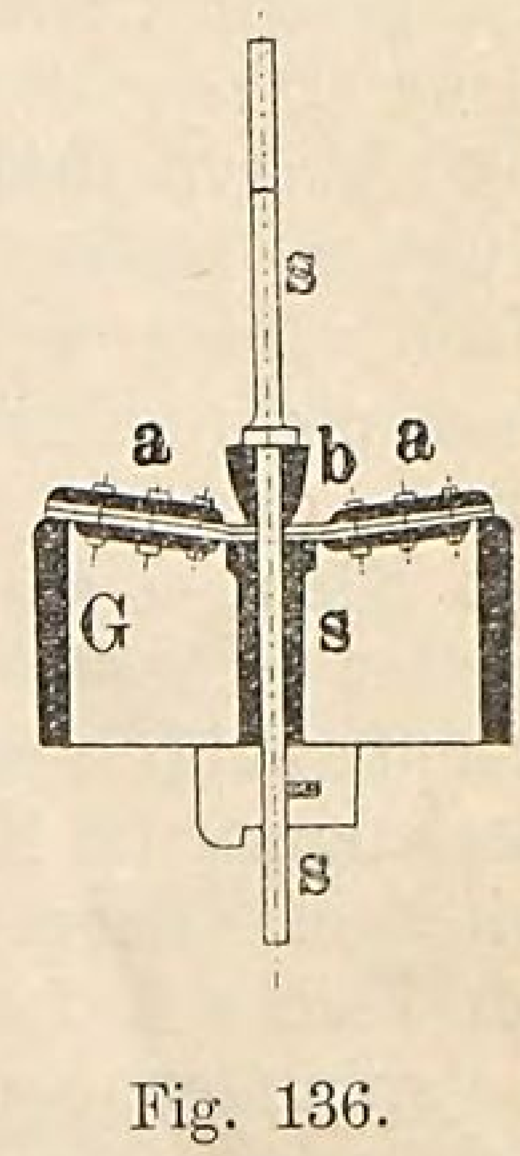


Fig. 136.

lenkartig bewegen. Das Querstück b dient als Anschlag für die Klappen zur Hubbegrenzung der letzteren. — Der Ventilstuhl G besteht aus Holz oder Metall und wird oft nur durch Einklemmen in dem Rohre festgehalten; in diesem Falle ist mit demselben in passender Weise eine Stange s s mit einer Oese verbunden, an welcher das Ventil aus dem Rohre herausgezogen werden kann. Wie Fig. 136 zeigt, lässt sich diese Stange auch zugleich mittels eines Keiles zur Befestigung des Querstückes b benutzen. —

Die Metallklappen erhalten in der Regel die in Fig. 137 dargestellte Anordnung. Sie hängen an Gelenkbolzen c schräg gegen die Stromrichtung, teils um ein rasches Sinken herbeizuführen, teils um schon bei einer Drehung von 30 bis 40^0 eine genügend grosse Durchgangsöffnung zu erhalten. Ihre Form ist gewöhnlich länglich viereckig, weshalb auch das Gehäuse G dieser Form sich anpasst. Der leicht abzunehmende Deckel D macht die Klappe schnell zugängig.

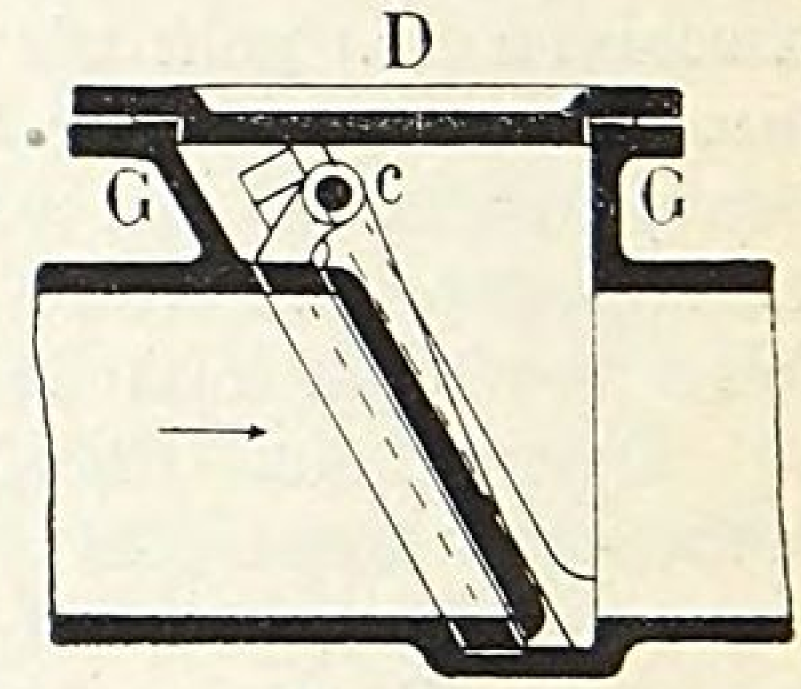


Fig. 137.

Zu den Klappenventilen gehört ferner der in Fig. 138 dargestellte Verschluss, welcher aus einem Metallknopf K besteht, der sich um das Scharnier bei c dreht und mit einer Platte versehen ist, die sich gegen die Oeffnung o legt und zwar mit einem Druck, der von dem Gewichte des Knopfes herrührt. Die Oeffnung o wird frei, wenn der Knopf K in die Höhe gehoben wird. Anwendung findet dieser Verschluss namentlich als sog. Probirhahn an Dampfkesseln und zum Auslassen dicklicher Flüssigkeiten (Oel, Glyzerin etc.) aus Behältern.

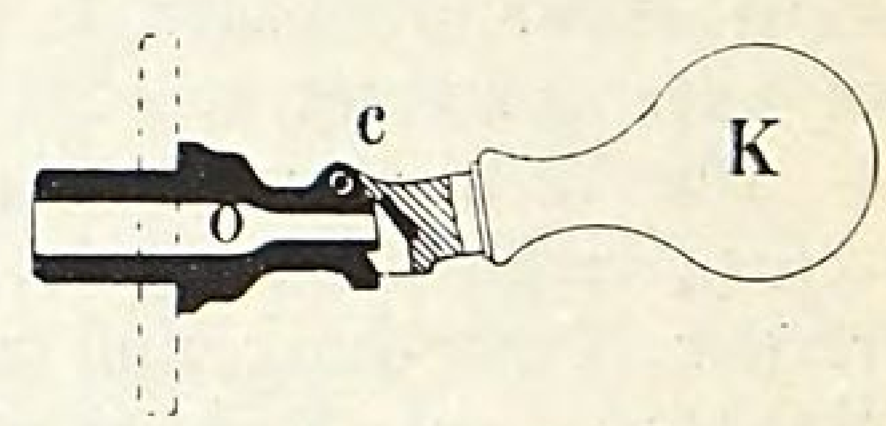


Fig. 138.

Desgleichen ist die sog. Drosselklappe zu den Klappenverschlüssen zu rechnen. Man versteht darunter eine gewöhnlich runde Scheibe, die in einem Rohre derart angebracht wird, dass man sie um eine Achse drehen kann, die mit dem Scheibendurchmesser zusammenfällt und das Rohr rechtwinklig zur Achse, ebenfalls im Durchmesser, durchschneidet. Je nach der Drehung dieser Achse steht die Drosselklappe in der Längenrichtung oder schräg zur Rohrachse und verengt dabei den Rohrquerschnitt weniger oder mehr (Drosseln).

Ein vorzügliches Material zur Herstellung von Klappen bildet, trotz einiger Beschränkung seiner Verwendung auf Grund seiner Eigenschaften, das vulkanisirte Kautschuk vermöge seiner grossen Federkraft, die als schliessende Kraft benutzt wird. — Die Klappen aus Kautschuk gelangen in der Form runder Scheiben oder Ringe zur Anwendung. Im ersten Falle erhält die Scheibe a (Fig. 139) eine Befestigung im Mittelpunkt zwischen m n und legt sich mit dem Kreisrande auf den Ventilsitz c d, sowie mit der Fläche auf einen zwischen Kranz K und Nabe n vorhandene gitterförmig durchbrochene Platte p p, welche das Durchdrücken des Kautschuks verhindert,

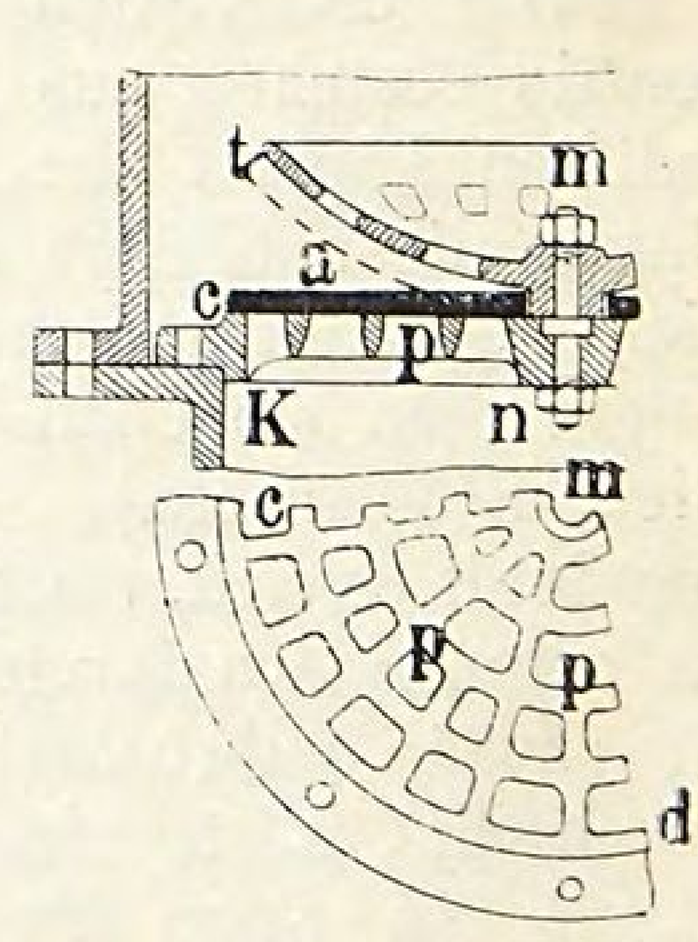


Fig. 139.

Infolge der Flüssigkeitspressung biegt sich die Kautschukplatte in die punktirte Lage, bis sie an dem Teller oder Anschlag t ihre Bewegungsgrenze findet.

Selbstschliessende Kautschukventile in Ringform ordnet man auch zur gleichzeitigen Gewinnung einer grossen Durchgangsöffnung vorteilhaft in Stufen nach Fig. 140 an (Stufen-, Pyramidenventil). Die Kautschukringe a und b legen sich auf ringförmige, gitterartig durchbrochene gusseiserne Platten c und d, welche durch Rippen mit den Naben n und m verbunden sind, und derart zusammenpassen, dass der Ring d die Platte a auf dem Ringe c festhält. Die Platte b erhält ihre Befestigung auf d durch einen ähnlichen Ring e, der zugleich wie d mit einem herumlaufenden durchbrochenen Anschlag s zur Begrenzung des Hubes versehen ist. Ein durch die Naben m und n gehender Bolzen S hält mittels Schrauben und Muttern die Ringe zusammen, während der Deckel e besonders auf d aufgeschraubt wird. — Selbstverständlich lassen sich statt 2 auch mehrere solche Ringe übereinander anbringen und somit für sehr grosse Durchgangsöffnungen Stufenventile herstellen, in welchen jede Klappe für sich nur eine kleine Bewegung auszuführen hat, woraus folgt, dass diese Anordnung den wichtigen Vorteil darbietet, dass zur Erreichung der ganzen Oeffnung oder des Schlusses des Durchganges wenig Zeit beansprucht wird.

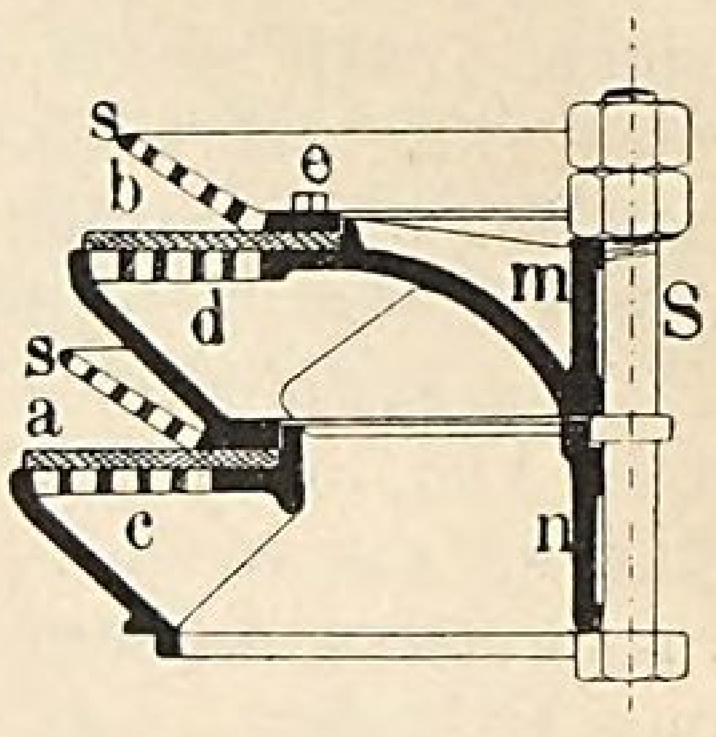


Fig. 140.

Zu den selbstschliessenden Kautschukventilen gehören noch die sogenannten Lippenventile, wobei zwei Klappenteile sich lippenartig schliessen und öffnen, und die Beutelventile, welche die Form eines Spitzbeutels haben und sich zum Zwecke des Abschlusses mit dem Rande gegen die innere Rohrwand legen, so dass zwischen Rohrwand und Ventilrand durch Zusammenfalten des letzteren der Flüssigkeitsdurchgang frei gemacht wird.

II. Hubventile.

Die Hubventile oder geradlinig bewegten Ventile heissen Tellerventile, wenn nach Fig. 135 II die Verschlussplatte a einen ebenen oder wenig gewölbten Teller bildet, der sich mit seinem Rande auf einen ringförmigen Sitz legt, der ebenso wie der Tellerrand eben oder kegelförmig verlaufen kann (Kegelventile). Besitzt das Verschlussorgan die Gestalt einer Kugel, welche sich auf eine kreisförmige Oeffnung des Ventilstuhls legt, so entsteht das Kugelventil. — Teller- und Kugelventile bedürfen zum Verschluss nur eines einzigen Sitzes und werden daher auch einsitzige Ventile genannt, gegenüber den zwei- und mehrsitzigen, bei welchen infolge einer besonderen Konstruktion des Verschlussorgans ähnlich dem Stufenventil (Fig. 140) mehrere Flüssigkeitsdurchgänge übereinander vorhanden sind.

A. Einsitzige Ventile.

Die einsitzigen Ventile werden durchgehends als Kegelventile konstruirt, weil die Kegelform des Tellers und des Sitzes leicht ein genaues Zu-

sammenpassen ermöglicht und ausserdem eine plötzliche Richtungsänderung des Flüssigkeitsstromes vermeidet. Zum richtigen Auffallen auf den Sitz bedarf das Ventil einer Führung, die sich entweder über oder unter oder über und unter dem Ventil befindet. Die Doppelführung ist stets die sicherste, weil sie ein Kippen der Ventile verhindert, die Unterführung jedoch die gebräuchlichste, die Oberführung dahingegen die empfehlenswerteste, weil sie den kleinsten Ventilwiderstand zur Folge hat. — Zugleich ist die untere Ventilfläche am zweckmässigsten eben herzustellen.

Ein gewöhnliches Kegelventil mit Unterführung ist in Fig. 141 gezeichnet. Der Kegel a besitzt zur Führung drei oder besser vier angegossene Rippen r, r, r, deren äussere Kanten genau in der Fläche eines Cylinders vom Durchmesser D des Ventilstuhles liegen und eine Länge bekommen, welche die Führung ohne Kippen sichert. Eingeschlossen ist das Ventil in ein Gehäuse, dessen Deckel d in der Regel durch einen Bügel b mit Druckschraube s festgehalten wird und einen nach unten gekehrten Vorsprung v zur Hubbegrenzung des Ventils besitzt. — Ventile mit Unter- und Oberführung sind in Fig. 143 etc. dargestellt und ohne weiteres verständlich. — In beiden Fällen sind die Sitze aus besonderen Teilen gebildet, die sorgfältiger hergestellt, bequemer nachgeschliffen und erneuert werden können, als die direkt am Ventilstuhl angearbeiteten Sitze.

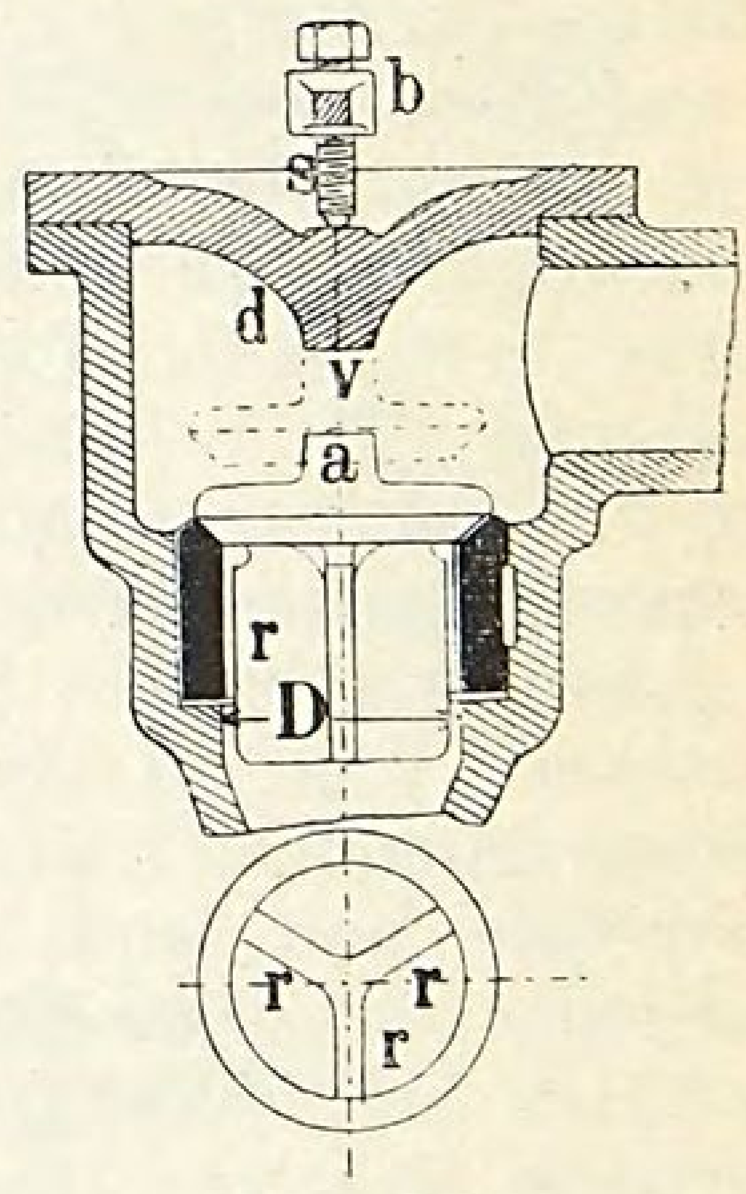


Fig. 141.

Bezüglich der Abmessungen der Tellerventile ist zu berücksichtigen, dass der Durchtritt der Flüssigkeit mit möglichst wenig Hindernissen vor sich geht, wenn der Querschnitt der durch den Ventilhub h entstehenden Oeffnung gleich demjenigen des Rohres vom Durchmesser D ist, woraus folgt:

$$h\,D\,\pi = \frac{D^2\,\pi}{4} \quad \text{also } h = \frac{D}{4}$$

Aus gleichen Gründen ergiebt sich auch die Weite D_2 des Ventilgehäuses, weil (Fig. 142) die Ringfläche $(D_2^2 - D_1^2)\frac{\pi}{4}$ gleich sein muss dem Querschnitt $\frac{D^2\,\pi}{4}$ demnach $D_2 = \sqrt{D_1^2 + D^2}$.

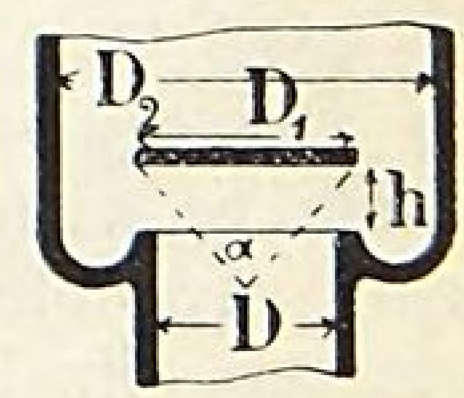


Fig. 142.

Ferner ist die Sitzbreite s so klein zu machen, als es unbeschadet der Abnutzung und Abdichtung geschehen kann. In der Regel wird genommen

$s\ cm = 0{,}6 + 0{,}02\ D$ für Pumpenventile,

$s\ cm = 0{,}4 + 0{,}015\ D$ für Dampfventile.

Die Hubhöhe h wird geregelt durch einen im Ventilgehäuse angebrachten Anschlag, der die Bewegung begrenzt.

B. Mehrsitzige Ventile.

Aus der Beziehung $h = \frac{1}{4} D$ geht hervor, dass bei grossen Durchflussmengen und dementsprechend grossen Ventildurchmessern auch der

Ventilhub gross werden muss, wenn keine Geschwindigkeitsänderungen im Ventil eintreten sollen. Je grösser jedoch der Hub ist, jemehr Aufwand von Zeit wird unter gleichen Umständen zur Bewegung des Ventils erforderlich sein, woraus folgt, dass bei raschem Hubwechsel die Hubhöhe möglichst klein gewählt werden muss, weil hier nur wenig Zeit auf den Wechsel zu verwenden ist. Ein kleiner Hub setzt zur Erreichung des notwendigen Durchgangquerschnitts aber dennoch grosse Ventildurchmesser voraus.

Auf Grund dieser beiden Erfordernisse „kleine Hubhöhe und grosse Durchgangsquerschnitte“ sind besondere Ventilkonstruktionen entstanden, die sich jedoch sämtlich zurückführen lassen:

1. auf eine Vereinigung mehrerer Ventile;
2. auf Stufenventile;
3. auf konzentrische Ringventile.

Bei der Vereinigung mehrerer Ventile werden zur Erzielung des als notwendig erkannten Querschnitts soviel Einzelventile von kleinem Durchmesser neben einander angebracht, dass die Summe ihrer Querschnitte den Gesamtquerschnitt ausmacht. Den kleinen Durchmessern des Einzelquerschnitts entsprechend ergiebt sich für jedes Ventil auch ein kleiner Hub. — In der Regel wird bei dieser Konstruktion die Anordnung in der Weise getroffen, dass die Einzelventile (Kegel- oder Kugelventile) ihre Sitze auf einer gemeinschaftlichen runden Ventilplatte erhalten, auf der sie in konzentrischen Kreisen gleichmässig verteilt sind.

Giebt man den Ventilen sowohl als den Ventilsitzen die Form von Ringen um einen gemeinsamen Mittelpunkt, so entstehen die konzentrischen Ringventile, welche in dieser Anordnung zugleich als eine Vereinigung mehrerer Einzelventile in einer Ebene angesehen werden können und somit ebenfalls bei kleinen Hüben grosse Durchflussflächen öffnen.

Bringt man dahingegen die Ventilsitze über einander an, so entstehen die Stufenventile, die auch Pyramidenventile heissen, wenn sie einen pyramidischen Aufbau bekommen.

Da die Stufenventile in ihrer Anlage bei kleinem Hube in einfachster Weise grosse Durchflussöffnungen zu erreichen gestatten, so finden sie vorwiegend häufig Verwendung und zwar mit zwei Sitzen als Doppelsitzventile, oder mit mehreren Sitzen als Ringventile.

Ein vielgebrauchtes Doppelsitzventil ist in Fig. 143 dargestellt. Das Ventil besteht aus der Metallscheibe A, welche die zwei ringförmigen Sitze c und d trägt und durch Arme C mit der rohrartigen Nabe n, n verbunden ist, welche an der runden Spindel S die Führung bildet und durch Anstoss an den Ring m m den Hub begrenzt. Der Ventilstuhl B setzt sich aus den beiden Scheiben o und p mit den beiden Sitzringen c und d und den Verbindungsrippen q zusammen. Die Scheibe o erhält zugleich eine Durchbohrung zur Aufnahme der Spindel S, welche mit o durch einen Keil k befestigt und mit einer aufgeschraubten Oese O versehen ist, die zum bequemen Ausheben des Ventils aus dem Gehäuse dient.

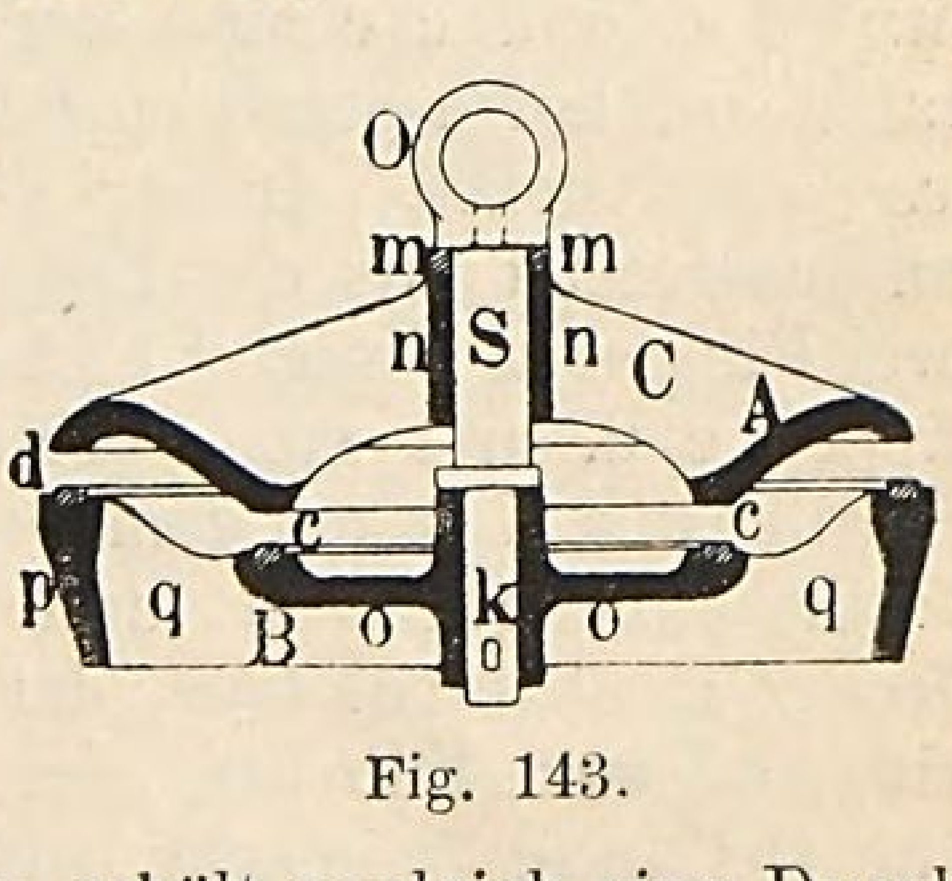


Fig. 143.

Ein anderes vielfach verwendetes Ventil ist das in Fig. 144 gezeichnete sog. Glocken- oder Haubenventil. Das Ventil selbst bildet

einen ausgebauchten Cylinder A, A (Glocke, Haube) mit den zwei ringförmigen Sitzflächen c und d, den Führungsrippen f, f, den Armen g, g und der Nabe n, welche die Spindel s aufnimmt. Der Ventilbock B besteht aus dem Ringe r und dem Schirm m mit den zwei Sitzen, den Flügeln p mit den Führungsleisten l zur Verbindung des Ringes r mit dem Schirm m, und dem Cylinderstück q zur Zentrirung und Befestigung. Letztere erfolgt durch Einsetzen des Ringes r in eine runde Oeffnung des Ventilkastenbodens B mit Hilfe einer Traverse c und einer Schraube mit Mutter.

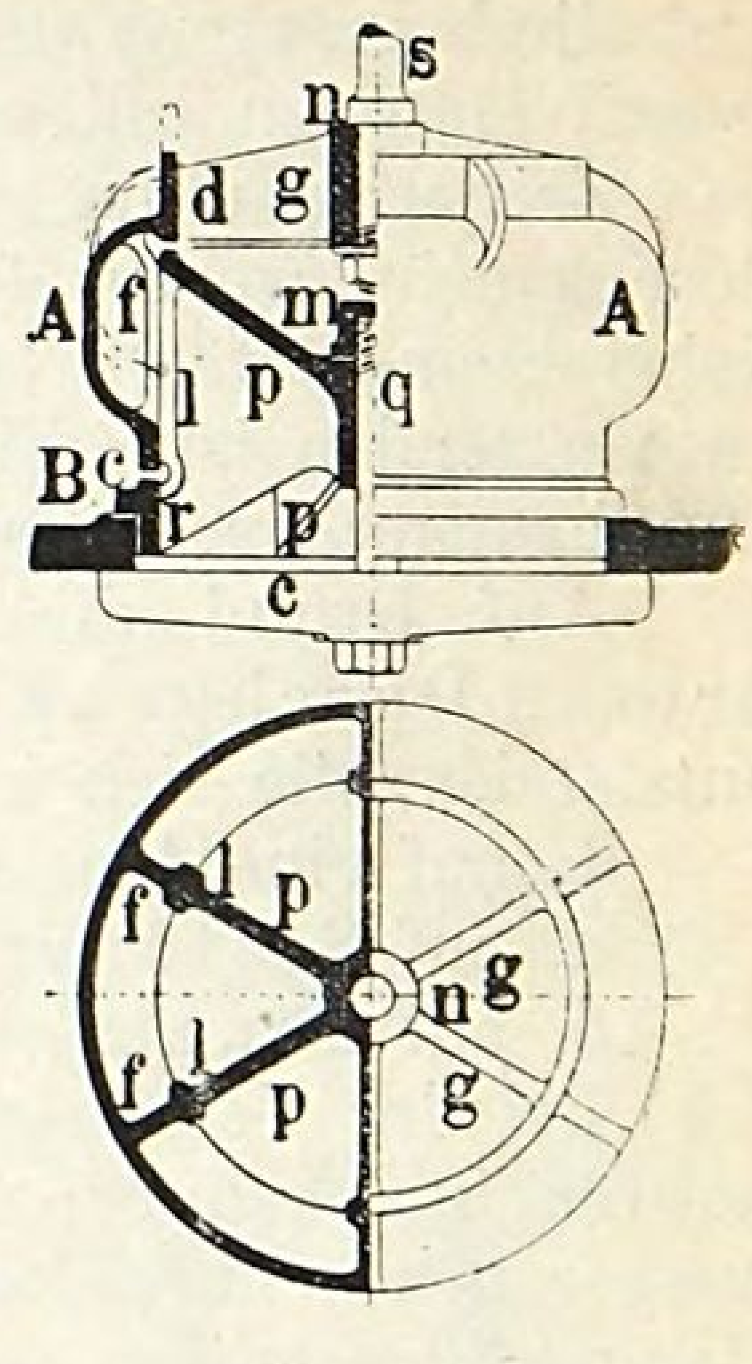


Fig. 144

In einer durch Fig. 145 erklärten Form findet die Glocke oft Anwendung zum Verschluss von Gas-, Rauch- u. dergl. Röhren. Es unterscheidet sich von den gewöhnlichen Glockenventilen dadurch, dass der Rand der Glocke A in einem um das Rohr B herumlaufenden U förmigen Ring c d tritt, der mit einer Flüssigkeit (Wasser, Glyzerin, Quecksilber etc.) oder mit Sand, Asche u. dergl. gefüllt ist und damit die Glocke vollständig absperrt. Man benutzt diese sog. Wasser- und Sandventile zum Absperren von Gas in chemischen Fabriken, von Rauch- und Brenngasen bei verschiedenen Feuerungsanlagen, zum Abschliessen von Ofengichten (Hoch-, Kupol-Oefen), von Oeffnungen auf chemischen Apparaten (Clorentwickler) u. s. w. und fertigt sie dementsprechend aus Eisen, Glas, Thon, Guttapercha u. dergl. an.

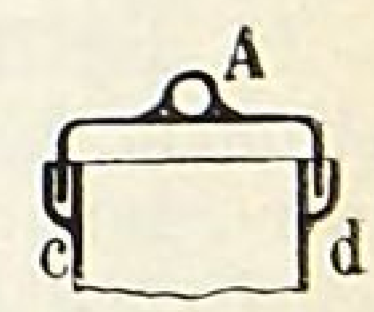


Fig. 145.

Die umgekehrte Anordnung eines Glockenventils führt zu dem sog. Röhrenventil (Fig. 146), welches besonders an Ventildampfmaschinen zur Dampfsteuerung benutzt wird. Dasselbe besteht aus dem Rohr r r mit der Nabe n zur Aufnahme der Ventilspindel S, die das Ventil oben und unten führt. Die zwei Sitze d d und c c sind kegelförmig gestaltet und korrespondiren mit den Sitzen des Ventilbockes. Dieser Bock ist zusammengesetzt aus der Platte p und den zwei Ringen u u und t t sämtlich durch Rippen c u, u t etc. verbunden. Der Ventilkasten K ist mit dem Dampfcylinder C zusammengegossen und mit einem Deckel D abgeschlossen, der in der Mitte die Stopfbüchse E zum Durchtritt und zur Führung der Stange S trägt und nach seiner Entfernung eine Oeffnung freimacht, welche das Einsetzen des Ventilbockes gestattet, der sich mit zwei Kegelstreifen auf gleichgestaltete, im Innern des Gehäuses herumlaufende Vorsprünge unter gleichzeitiger Zentrirung auflegt und durch den Deckel D festgehalten wird.

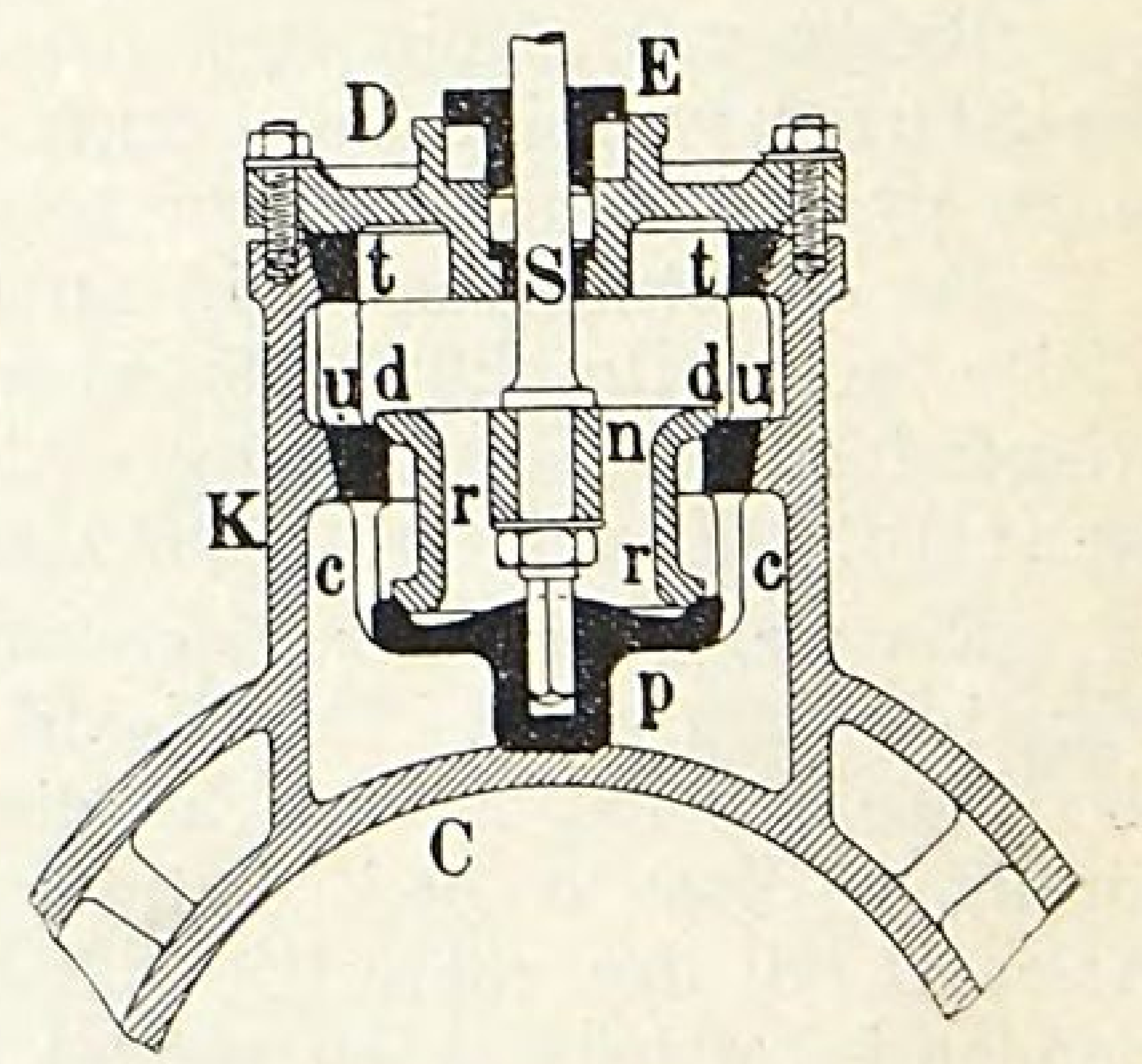


Fig. 146.

Bei näherer Betrachtung der Doppelsitzventile (Fig. 143, 144, 146) erkennt man sofort, dass die über dem Ventile stehende Flüssigkeitssäule

nur zum kleineren Teil von dem bewegten Ventil, hauptsächlich von den Ventilstühlen getragen wird. Infolgedessen heissen solche Ventile entlastet. Sie bedingen zur Bewegung eine entsprechende kleinere Kraft, bieten aber auch der drückenden Flüssigkeit im gleichen Verhältnis kleinere Druckflächen und werden daher sehr oft mittels Stangen von besonderen Organen in Bewegung gesetzt.

Als Muster einer Konstruktion grosser Ringventile kann die in Fig. 147 vor Augen geführte Anordnung (Humboldt) gelten, welche zugleich zwei verschiedene Ausführungen, eine mit Gummidichtung A und eine mit Metalldichtung B zeigt. Dieses Ventil weicht von den gewöhnlichen Stufenventilen zunächst wesentlich dadurch ab, dass der Ventilstuhl C nicht, wie sonst gebräuchlich, aus einzelnen, aufeinander gelegten Ringen, sondern aus einem einzigen Kegelstumpf C besteht, an welchem die Ringsitze terrassenförmig übereinander liegen. Auf diesen Sitzen befinden sich die Ventilringe A mit Gummidichtung, B mit Metalldichtung so angeordnet und geführt, dass sie sich beim Oeffnen und Schliessen berühren, und in der Ruhelage um ½ bis 1 *mm* von einander abstehen, damit sie unabhängig von einander sich abdichten. Durch einen einzigen zuverlässig geführten Fänger f in Verbindung mit einer Spiralfeder in dem oberen Teil d des Stuhles werden die Ringe in der Weise geschlossen, dass der Fänger den obersten Ring niederdrückt und dieser die Abwärtsbewegung auf alle Ringe überträgt. Da die Ringe nur einen kleinen Hub erforderlich machen, so vermögen sie sich in kurzer Zeit zu öffnen und zu schliessen, weshalb diese Ventile sich besonders für Pumpen mit grosser Hubzahl und beliebigem Druck eignen. Die Verbindung des Ventils mit dem Ventilkasten K erfolgt durch den unteren Stuhlrand und die Druckschraube s, welche durch den Ventildeckel D geht, nach dessen Wegnahme das Ventil an den Ringen i, i leicht aus dem Gehäuse herausgehoben werden kann. Desgleichen lassen sich nach Lösung der Schraube u und Entfernung des Anschlags f f auch die Ringe einzeln von dem Stuhl C abheben.

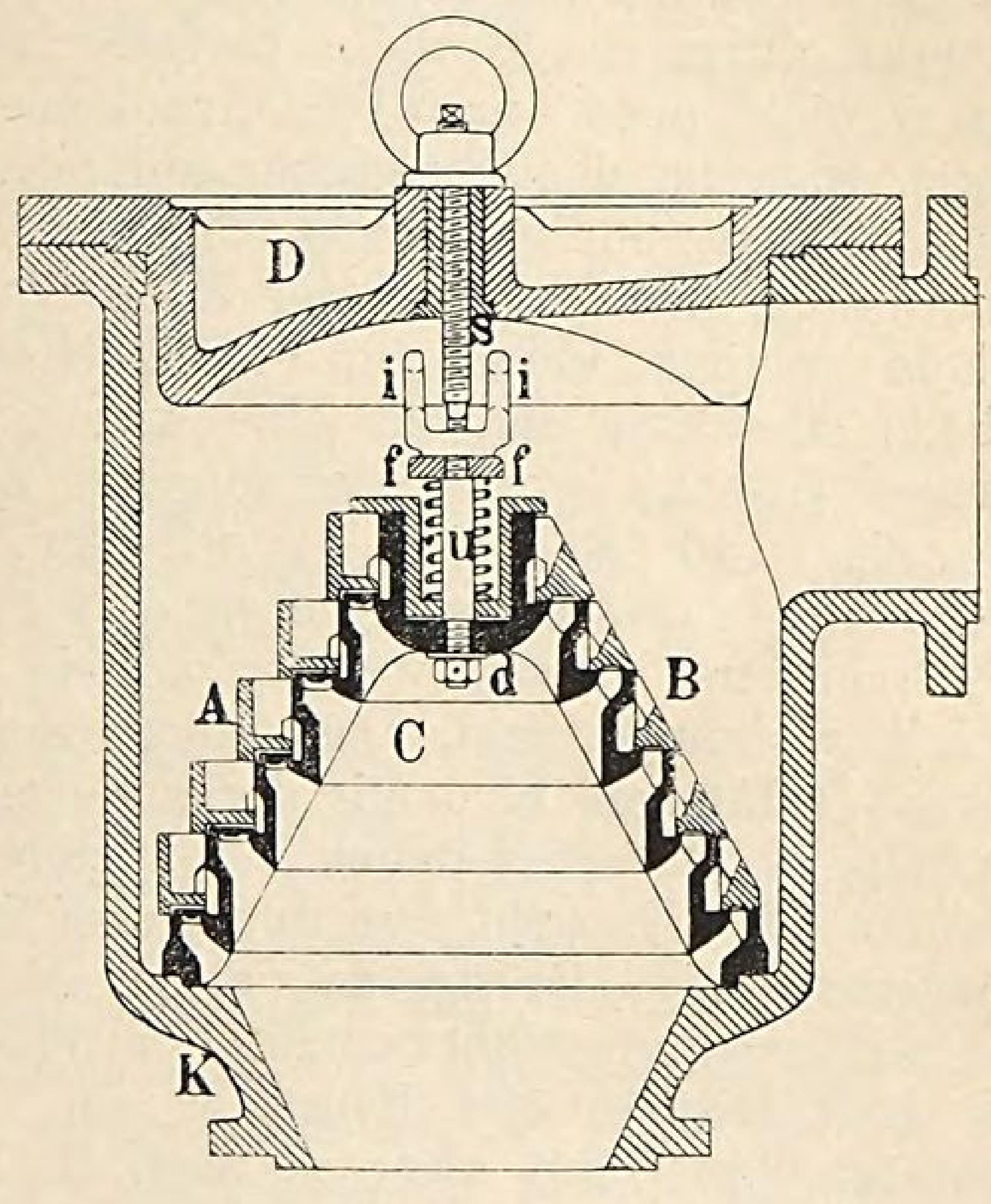


Fig. 147.

C. Ventil-Bewegungen.

Nach den Bewegungsmitteln unterscheidet man

1. selbstthätige Ventile,
2. gesteuerte Ventile,

jenachdem die Bewegung ausschliesslich von der durchströmenden Flüssigkeit oder mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen erfolgt.

1. Selbstthätige Ventile.

Das Oeffnen der selbstthätigen Ventile tritt durch den Druck der Flüssigkeit gegen die untere Ventilfläche in dem Augenblicke ein, in welchem dieser Druck die auf die obere Fläche wirkende Pressung, nebst dem Gewicht des Ventils überwindet.

Der Schluss der selbstthätigen Ventile erfolgt allgemein wie bei den Klappen durch das Gewicht derselben; für einzelne Zwecke wird jedoch das Gewicht noch durch Federdruck oder besondere Gewichtbelastung unterstützt, während dem gegenüber andere Aufgaben der Ventile eine Entlastung derselben notwendig machen. In einzelnen Fällen muss die gewöhnliche Anordnung, nach welcher der Flüssigkeitsdruck die Oeffnung bewirkt, umgekehrt werden, indem der Flüssigkeitsdruck den Schluss hervorbringt und erhält. Dadurch entsteht eine Anzahl von Ventilkonstruktionen für besondere Zwecke, wovon hier folgende als die wichtigsten anzuführen sind.

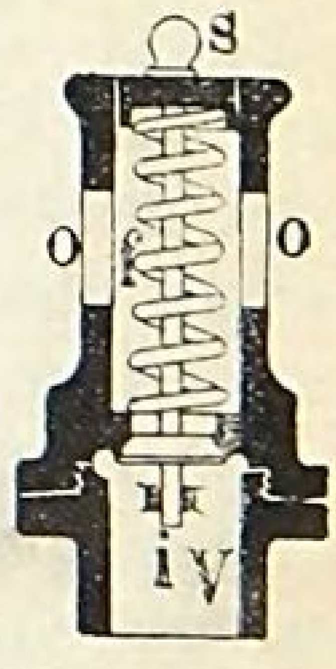


Fig. 148.

Fig. 148 stellt ein Ventil dar, welches durch eine Spiralfeder f geschlossen gehalten wird, indem diese gegen den Schieber s presst, welcher mittels der Stange i mit dem Ventil verbunden ist. Das Innere des Ventilgehäuses steht durch Oeffnungen o, o mit der atmosphärischen Luft in Verbindung, so dass der Druck der letzteren das Ventil zu öffnen bestrebt ist. Entsteht nun unter dem Ventil noch eine Luftverdünnung von der Grösse, dass diese mit dem Atmosphärendruck die Federspannung überwindet, so öffnet sich das Ventil und die Luft tritt in den Raum V ein, wodurch das Vakuum beseitigt wird, und zwar je nach der Federspannung und dem Bedürfnis ganz oder teilweise. — Die gleiche Wirkung erzielt man mit einem Ventil, das (Fig. 149) an einem kurzen Arm a c eines zweiarmigen Hebels hängt und mit einem an dem längeren Hebelarm angebrachten Gewicht Q in einem Gefässe V von innen her gegen den in der Gefässwand befestigten Ventilsitz gepresst wird. — Ihrem Zwecke (S. 96) gemäss heissen diese Ventile Luftventile.

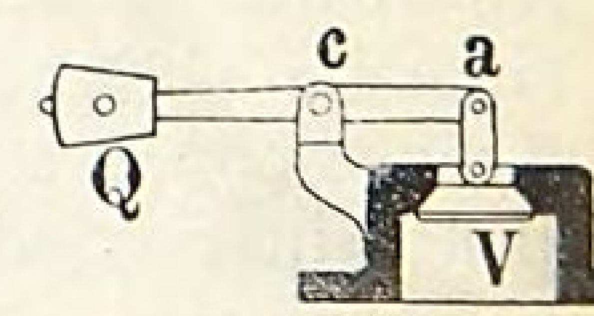


Fig. 149.

In Fig. 150 ist ein Ventil vor Augen geführt, das durch die gespannte Feder f offen gehalten wird, so dass durch das Ventil aus dem Raume V Flüssigkeit so lange entweicht, als dieselbe unter einem Drucke steht, der die Federspannung nicht überwindet. In dem Augenblicke, in welchem ein Ueberdruck eintritt, schliesst sich das Ventil, und hält sich geschlossen, bis der Ueberdruck wieder sinkt. — Derselbe Vorgang wird mit Hilfe einer Gewichtsbelastung nach Fig. 151 erreicht. Hier ist das Ventil mit einer Stange i von entsprechendem Gewicht verbunden und bleibt so lange offen, als unter dem Ventil kein genügender Ueberdruck vorhanden ist. Tritt letzterer ein, so erfolgt ein Schluss des Ventils. Diese Ventile veranschaulichen die gebräuchlichsten Konstruktionen der Verschlussorgane zum Auslassen von Luft und Gasen aus Leitungen (S. 95) und stellen die Hauptformen der Lüftungsventile dar.



Fig. 150.

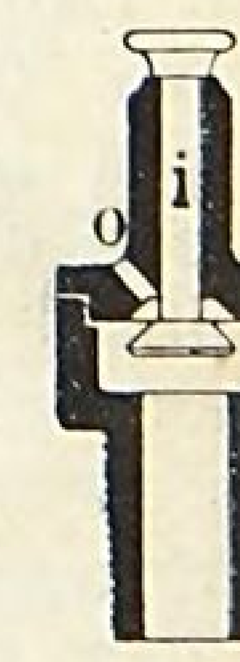


Fig. 151.

Bezeichnet man die der drückenden Flüssigkeit zugekehrte Ventilfläche mit F, den Einheitsdruck der Flüssigkeit gegen das Ventil mit p und den

Gegendruck des Ventils, bestehend aus dessen Gewicht nebst Belastung mit Q, so findet Gleichgewicht statt, wenn

$$p F = Q$$

ist und von sonstigen Widerständen abgesehen wird. Daraus geht hervor, dass ein Oeffnen des Ventils erfolgt, wenn der Einheitsdruck p grösser wird, z. B. auf $p_1 > p$ wächst und dass das Ventil so lange geöffnet bleiben und die Druckflüssigkeit austreten lassen muss, als der Druck p_1 besteht. Auf dieser Betrachtung beruht die Konstruktion und Anwendung derjenigen Ventile, welche die Aufgabe haben, Druckvermehrungen zu verhindern und zu beseitigen, indem sie der Druckflüssigkeit bei gesteigertem Druck einen Ausfluss verschaffen, und sie somit entlasten. Weil sie unter Umständen dadurch Gefahren abwenden können, so bilden sie diejenige Klasse von Ventilen, welche nach S. 95 den Namen Sicherheitsventile erhalten haben, und namentlich an Dampfheizungen, chemischen Apparaten für höhere Spannungen (Kohlensäure, Ammoniak-Kesseln etc.) stets angebracht werden.

Bei der Konstruktion der Sicherheitsventile ist alles zu vermeiden, was die Empfindlichkeit derselben beeinträchtigen kann. Deshalb gelten die Regeln:

1. dass sowohl direkt belastete als mehrsitzige Ventile vermieden, statt dessen Ventile mit Hebel- oder Federbelastung und als Teller, nicht als Kegel, angeordnet werden, damit möglichst wenig Masse zu bewegen und die Dichtung der Ventilsitze leicht zu bewerkstelligen ist;

2. die Sitzflächen möglichst schmal zu gestalten und zwar nicht breiter als 2 *mm* zu machen, damit wenig Adhäsion und Schmutzablagerung stattfindet;

3. den Sicherheitsventilen eine sichere Führung zu geben und in der Weise zu belasten, dass der Belastungsdruckpunkt in die Ventilschwerlinie fällt, und dieselben offen, d. h. ohne jede Umhüllung leicht zugängig und sichtbar anzubringen.

4. Die Oberfläche eines Sicherheitsventils für Dampfkessel bestimmt man in genügender Weise nach der Formel:

$$f = \frac{650 \ H}{0{,}2 + n}$$

in welcher H die Kesselheizfläche in *qm* und n den absoluten Kesseldampfdruck in Atmosphären bedeutet. — Für cylinderförmige Gefässe, in welchen ein absoluter Druck von n Atmosphären vorhanden ist, kann die Formel angewendet werden:

$$f = \frac{3000}{0{,}2 + n} \sqrt[3]{J^2}$$

wenn J den Inhalt des Gefässes in *cbm* bezeichnet, und die Länge L des Kessels gleich dem zehnfachen Durchmesser angenommen wird.

Eine gebräuchliche Anordnung des Sicherheitsventils mit Hebelbelastung geht aus Fig. 152 hervor. Das schmalsitzige Ventil v wird durch das Gewicht P indirekt vermittelst des Hebels a b c und einer Stange b d belastet, die in einem Gelenk b beweglich, im übrigen nicht geführt, mit einer Kegelspitze auf das Ventil v tritt und zwar so, dass dem letzteren eine Beweglichkeit bleibt, damit es ohne Festklemmen sich mit den

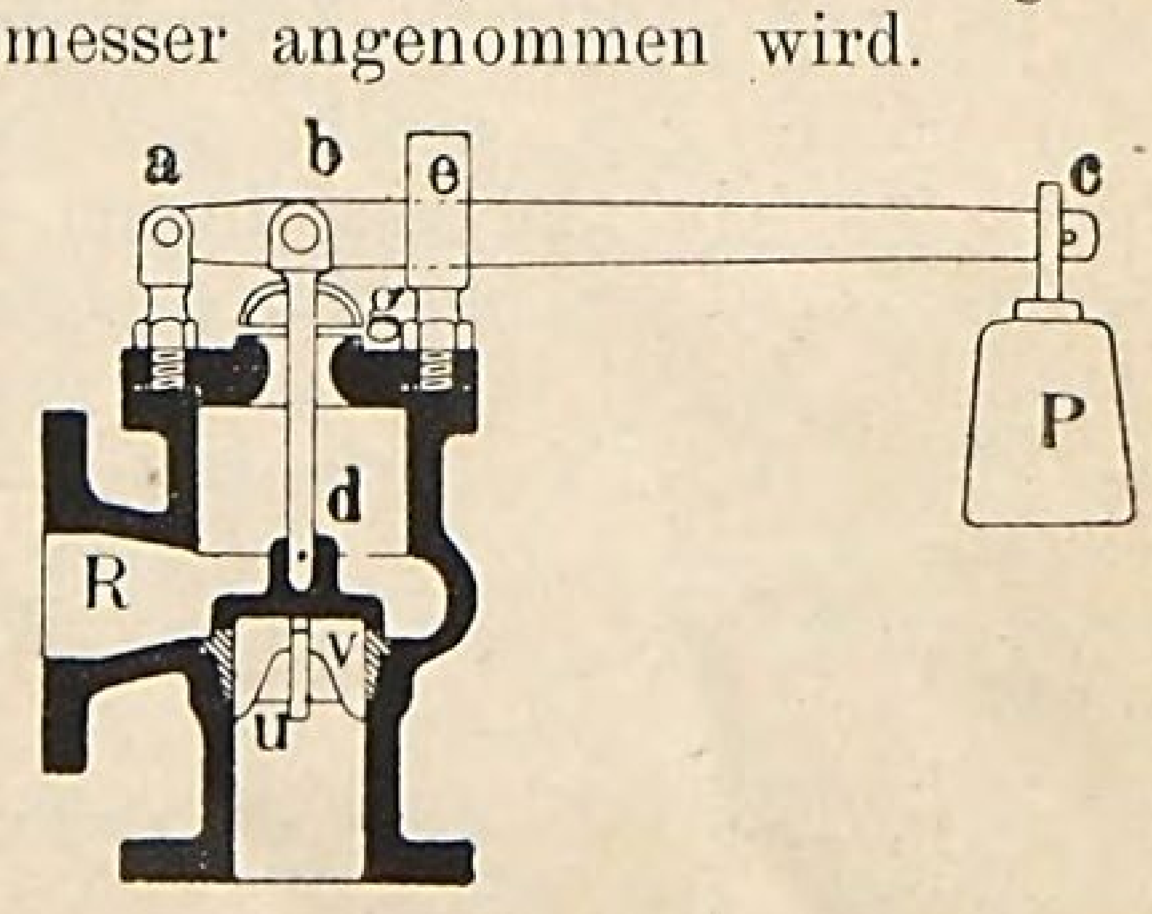


Fig. 152.

4 Flügeln u führt. Die Mitnahme des Ventils beim Lüften erfolgt durch einen lockeren Splint, der durch Ventil und Druckstange geht. Der Abgang des durchströmenden Dampfes erfolgt seitwärts durch den Rohrstutzen R. Der Hebel a b c erhält ausser der Gelenkführung bei a noch eine Vertikalführung und Hubbegrenzung in dem geschlitzten Stücke e.

Im Falle dieses oder ähnliche Sicherheitsventile sich an bewegten Dampfkesseln befinden, wird mit dem Hebel a b c statt des Gewichtes P eine Spiralfeder (Federwage) verbunden.

Ein Sicherheitsventil für sogenannte gefährliche Apparate (Kocher, Dämpfer, Behälter mit gespannten Gasen etc.) ist durch Fig. 153 vor Augen geführt (Vogt). Dasselbe besteht der Hauptsache nach aus dem Ventil v, das von der Spiralfeder f aus mittels des Druckstiftes t auf den Sitz gepresst wird. Die Regulirung der Feder f erfolgt von der Schraube S, welche tiefer in das Gehäuse G hineingeschraubt den Federdruck erhöht und umgekehrt. Der Handhebel H dient zur Lüftung des Ventils, während die Nase n durch den Anstoss an das Gehäuse G einen abwärts gehenden Druck auf das Ventil verhindert. Zur Verhütung einer unbefugten Verstellung der Schraube S lässt sich ein Draht anbringen, der durch Löcher des Schraubenkopfes und das Ohr m gezogen und mit einer Plombe versehen wird. Eine seitlich sichtbare Oeffnung entlässt das über dem Ventil sich ansammelnde Wasser.

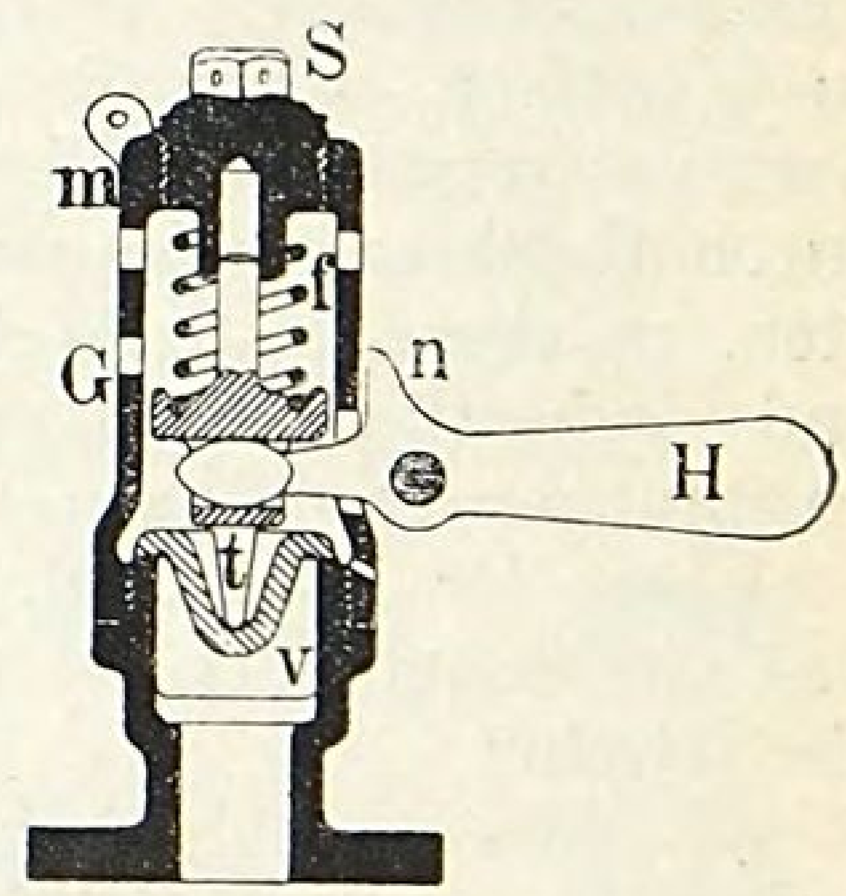


Fig. 153.

Untersuchungen mit gewöhnlichen Sicherheitsventilen haben ergeben, dass dieselben sich im allgemeinen nur wenig infolge des Ueberdruckes heben, nämlich nur 0,5 bis 2 *mm*, und daher ausser Stande sind, den Dampf in dem Maasse ausströmen zu lassen, als derselbe, namentlich bei grösserer Wärmezufuhr, gebildet wird. Aus dem Grunde kann man dieselben streng genommen nur als ein wichtiges Mittel zur Warnung bei steigendem Dampfdruck betrachten. — Zur Vermehrung der Durchflussöffnung ist entweder der Ventildurchmesser oder der Ventilhub zu vergrössern. Da es jedoch nicht üblich ist, den Durchmesser grösser als 10 *cm* zu nehmen, so hat man Ventile zu konstruiren begonnen, die sich wie gewöhnliche Ventile auf $^1/_4$ des Durchmessers heben. Eine solche Konstruktion (Hafner) zeigt Fig. 154. Das Ventil besteht aus einer Platte A mit der angedrehten Sitzfläche und einem diese umgebenden Rand c d, dem eigentlichen Ventil v nebst einer Glocke g g, welche frei beweglich das Ventil umgiebt und von diesem geführt wird. Ist das Ventil geschlossen, so ruht v auf dem Ventilsitz, die Glocke g g auf dem Rande c d der Platte A. Das nach dem Durchmesser D belastete Ventil v hebt sich bei eintretendem Ueberdruck von dem Sitz. Weil nun die Glocke dem Dampf den Ausgang versperrt, so kommt unmittelbar nach Hebung des Ventils eine grössere von dessen äusserem Durchmesser

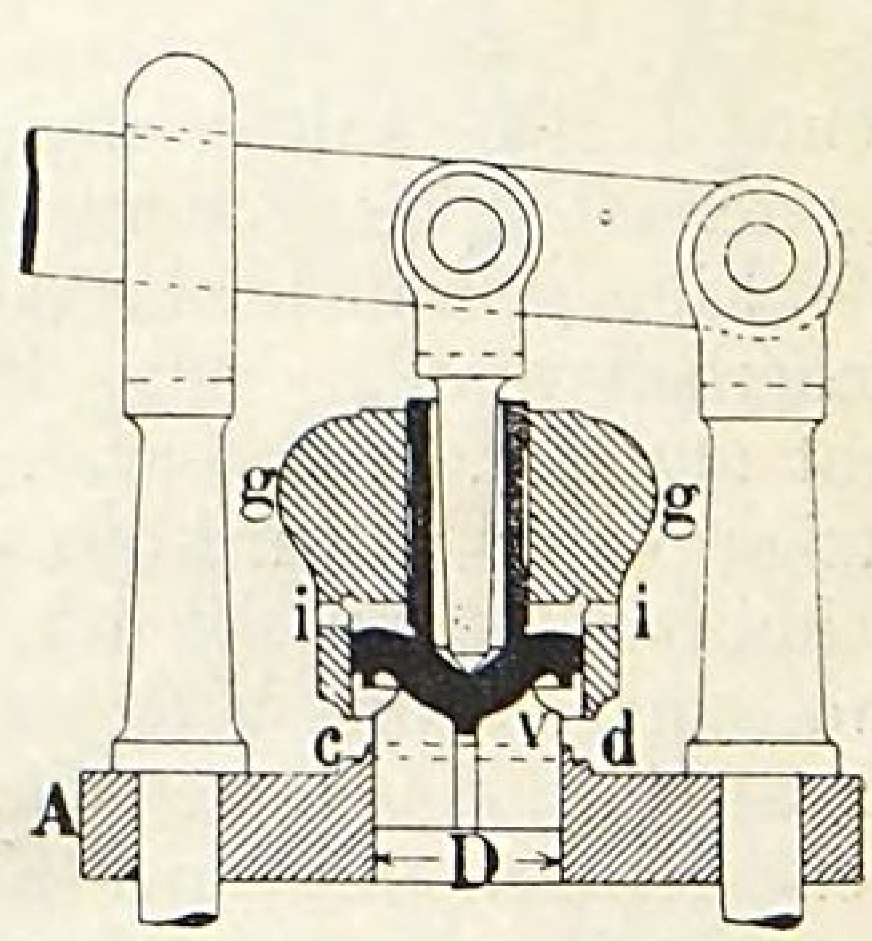


Fig. 154.

bestimmte Fläche zum Angriff. Infolge dieses Ueberdruckes steigt das Ventil höher, nimmt die Glocke g g mit und schafft dadurch dem Austritt des Dampfes den genügenden Raum. Die Löcher i dienen zum Auslassen des sich etwa unter der Glocke ansammelnden Dampfes.

Zu den Sicherheitsventilen sind auch diejenigen Ventile zu rechnen, welche sich selbstthätig schliessen, wenn auf Seite des Dampferzeugers plötzlich ein höherer Druck entsteht. Namentlich wenn mehrere Dampfkessel den Dampf in eine gemeinschaftliche Hauptleitung oder einen gemeinschaftlichen Dampfsammler abgeben, ist es zweckmässig, in das Zweigrohr eines jeden Kessels ein solches Ventil einzuschalten, welches sich infolge einer Explosion oder eines plötzlichen Ueberdruckes schliesst, damit der letztere sich nicht den anderen Leitungen oder Kesseln mitteilt. Diese sog. Rückschlagventile bestehen in sehr verschiedenen Ausführungen, in der Regel jedoch nach Fig. 155 aus einem Tellerventil a, welches durch die Feder f in der Schwebe gehalten und in dem Gehäusedeckel D geführt wird. Sobald nun bei A ein Ueberdruck oder bei B z. B. infolge eines Rohrbruches ein Unterdruck entsteht, legt sich der Teller a auf den Sitz und sperrt die Zuströmung ab. Damit das Schliessen hierbei nicht mit Heftigkeit erfolgt, erhält die Ventilspindel einen in dem Cylinder c sich mit Spielraum bewegenden kleinen Kolben o, der dadurch als Bremsbuffer wirkt, dass er das zu dem Zwecke in dem Cylinder c vorhandene Wasser durch den Spielraum hindurchpresst. Durch eine enge Bohrung u im Ventilteller wird später eine Druckausgleichung und das selbstthätige Oeffnen desselben wieder herbeigeführt. — Aehnliche Ventile dienen zu gleichen Zwecken in Wasserleitungen, insbesondere bei Dampfkesseln an der Speisevorrichtung unter demselben Namen, nur mit dem Unterschiede, dass die Spannfeder f weggelassen wird, da es sich nur darum handelt, das Rückfliessen des Wassers durch das Speiserohr A aus dem Kessel zu verhüten.

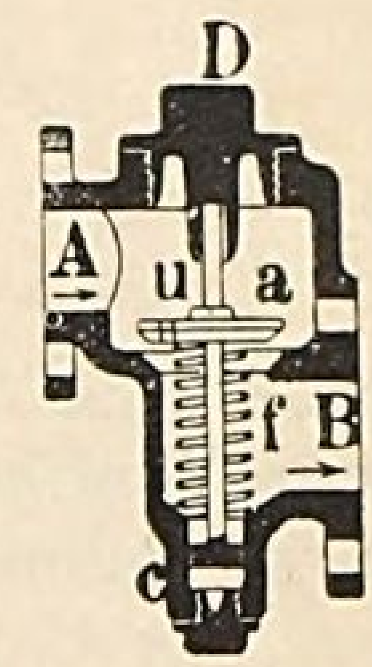


Fig. 155.

2. Selbstthätige Ventile mit gesteuerter Schlussbewegung.

Die selbstthätigen Ventile bewegen sich ausschliesslich unter dem Einflusse der die Ventilöffnung durchströmenden Flüssigkeit in Verbindung mit dem Ventilgewicht und beziehungsweise Federbelastung. Infolge dieser Bethätigung ist bei schnellem Hubwechsel (S. 103) und grösserem Durchmesser ein kleiner Hub erforderlich, was zu der Konstruktion der mehrsitzigen Ventile geführt hat, welche zwar kleine Hübe mit grossem Gesamtquerschnitt verbinden, aber bei grossen Anlagen fast undurchführbare Verhältnisse ergeben, wie daraus zu erkennen ist dass Pyramidenventile mit mehr als 100 Ventilen nicht selten sind. Der Umstand, dass bei den selbstthätigen Ventilen das Sinken oder Schliessen derselben den bedeutenden Zeitaufwand fordert, während das Steigen oder Heben derselben unter dem Flüssigkeitsdruck genügend schnell bewerkstelligt wird, hat dazu Veranlassung gegeben, Ventile zu konstruiren, welche sich selbstthätig öffnen, jedoch beim Hubwechsel durch mechanische Vorrichtungen in der Bewegung derart unterstützt werden, dass auch der Schluss in kürzester Zeit erfolgt. Solche Ventile bilden die Gruppe der halbgesteuerten Ventile oder selbstthätigen Ventile mit gesteuerter Schlussbewegung oder

Zwangschluss. Damit sich jedoch diese Ventile Unregelmässigkeiten anpassen, vollzieht sich die zwangläufige Schlussbewegung in der Weise, dass sie das Ventil bis auf ½ bis 1 *mm* dem Sitze nähert und darauf die eigentliche Dichtung wieder selbstthätig geschehen lässt. Das hier erklärte Prinzip (Riedler) kommt sowohl bei Klappen-, als bei ein- und zweisitzigen Hubventilen zur Anwendung und zwar je nach den vorliegenden Verhältnissen in verschiedenen Ausführungsformen, deren Grundlage Fig. 156

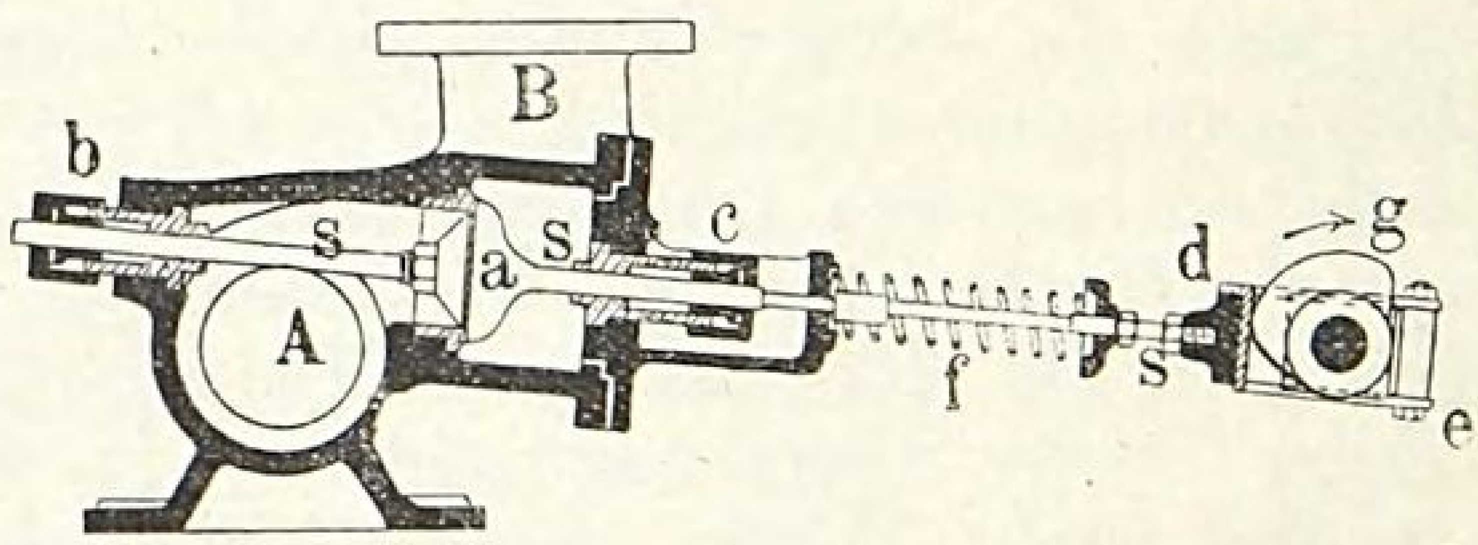


Fig. 156.

vor Augen führt. Das Ventil a, welches an zwei in Stopfbüchsen gedichteten Ventilstangen s s geführt wird, ist durch eine dieser Stangen mit einem Rahmen d e verbunden und durch die Schraubenfeder f entlastet, so dass das Oeffnen desselben sehr leicht von statten geht. Neben dem Rahmen befindet sich auf einer drehenden Welle eine Kurvenscheibe oder Daumen g, welche auf den mit d bezeichneten Schleifbacken des Rahmens einwirkt und dieser Einwirkung (dem Ventilspiel) entsprechend zwei konzentrisch verlaufende Flächen besitzt, die durch Zwischenflächen ineinander übergehen. In der gezeichneten Stellung hat der Daumen die Schlussbewegung des Ventils bis auf den geringen Rest ausgeführt, d. h. das Ventil während eines Kolbenweges geschlossen gehalten. In dem Augenblicke, in welchem der Hubwechsel eintritt, verlässt die äussere Daumenfläche den Anschlag und macht das Ventil frei, so dass es sich selbstthätig und schnell bis zur ganzen Hubhöhe von ¼ Durchmesser öffnen und offen bleiben kann. Bei der dann folgenden Kolbenumkehr tritt der Daumen g wieder mit dem grösseren Durchmesser schnell gegen den Gleitbacken d und bewirkt den Schluss, so dass während eines Kolben-Hin- und Herganges auch eine ganze Umdrehung des Daumens zu erfolgen hat. — Bei anderen Ausführungen erhält die Ventilspindel statt des Rahmens d e eine Rolle, gegen welche die Scheibe g wirkt. — Die schematische Fig. 157 lässt ohne weiteres die Uebertragung der Bewegung des Steuerdaumens g auf das Ventil a mittels Winkelhebel d c e, sowie eine andere Anbringung des Federhauses f erkennen. — Die grossen Vorteile, welche die Ventile mit Zwangschluss darbieten, wozu übrigens auch noch derjenige gehört, dass (Fig. 156) die Lage des Ventils eine ganz beliebige sein kann, — haben denselben grossen Eingang verschafft.

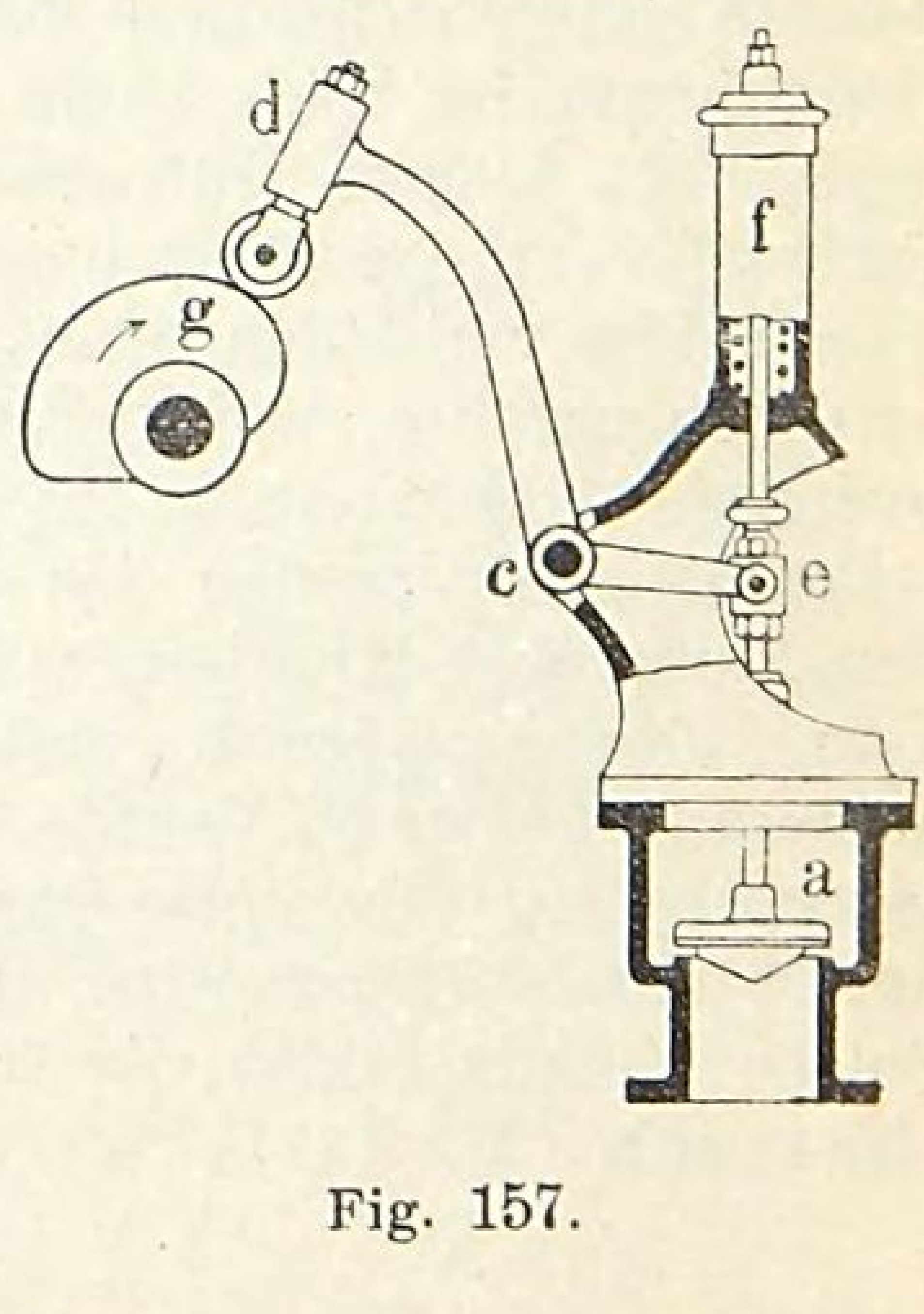


Fig. 157.

3. Unselbstthätige Ventile.

Den selbstthätigen und halbgesteuerten Ventilen stehen die unselbstthätigen gegenüber, bei welchen die Bewegung des Ventils von der Hand erfolgt, und zwar sowohl die öffnende und schliessende als auch die öffnende oder schliessende allein. — Die mit der Hand bewegten Ventile dienen in der Regel nur zum Absperren von Flüssigkeiten (Wasser, Luft, Dampf etc.) und werden mittels Schrauben bewegt, weshalb sie gemeiniglich Absperrventile oder Niederschraubventile genannt werden.

Ein gewöhnliches Absperrventil ist in Fig. 158 dargestellt. Der Ventilteller a wird des guten Auflegens wegen mit der Ventilspindel s nicht fest sondern etwas beweglich und für sich drehbar verbunden, indem man

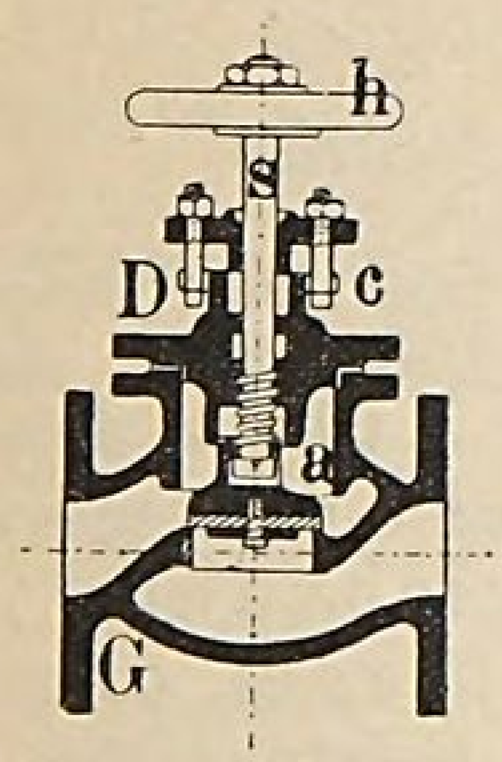


Fig. 158.

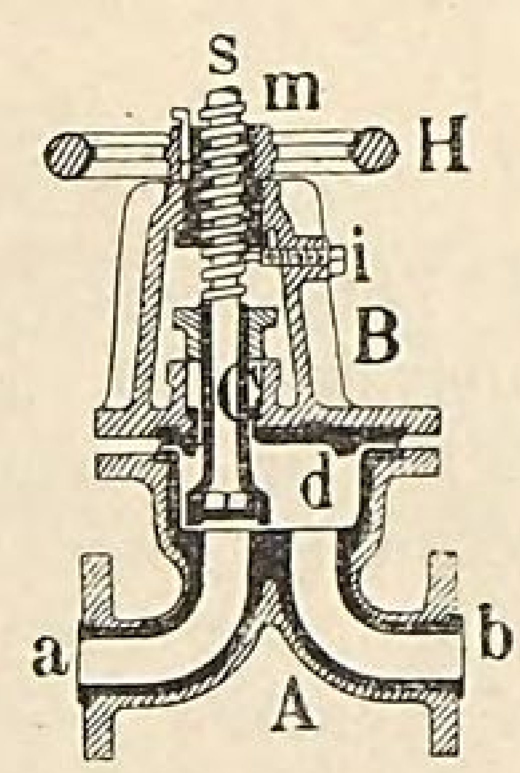


Fig. 159.

die Spindel mit einem kleinen scheibenförmigen Kopf von der Seite her in eine geschlitzte Büchse des Ventils schiebt. Die Spindel s erhält ein kurzes Schraubengewinde, dessen Mutter sich in dem Gehäusedeckel D befindet, der mittels Flantschen und Schrauben auf dem Gehäuse G befestigt ist. Eine Abdichtung erhält die Spindel ausserdem in der auf dem Deckel angebrachten Stopfbüchse C. Zur Drehung der Spindel dient das Handrad h.

Eine andere viel gebräuchliche Konstruktion führt Fig. 159 vor Augen. Das Ventil d bildet mit der Spindel C ein ganzes, wird am Ende s mit einer Schraube versehen und durch die Stiftschraube i, welche in eine Längsnut der Spindel C eintritt, an der Drehung verhindert. Auf dem Bock B liegt das Handrad H und in dem Bocke drehbar die Schraubenmutter m, welche zugleich durch die Nabe des Rades H gesteckt und hier mit einem Keil festgehalten wird, so dass die Drehung von H die Bewegung des Ventils d bewirkt. An diesem Ventil ist zugleich zu erkennen, in welcher Weise Ventilgehäuse A sowie Spindel C mit Blei, Zinn, Hartblei, Hartgummi u. s. w. bekleidet werden, um sie widerstandsfähig gegen Säuren u. dergl. zu machen. Die bei a und b vortretenden Bleiränder bezwecken zugleich die Abdichtung des Gehäuses A mit den Flanschen der Rohrleitung. — In kleinen Verhältnissen ausgeführt bilden die in Fig. 158 und 159 dargestellten Ventile die gewöhnlichen Wasserleitungsventile. — Aenderungen kommen hier hauptsächlich nur insofern vor, als man vielfach statt des eigentlichen Ventils eine gespannte Gummiplatte zum Verschluss verwendet und mittels eines Mutterschlüssels hebt und senkt. —

Zu den Absperrventilen sind auch jene Verschlussorgane zu rechnen, welche in Röhren und Schläuche eingeschaltet, durch den Flüssigkeitsdruck geschlossen (oder geöffnet) gehalten und durch einen Druck von aussen

geöffnet (oder geschlossen) werden. Als Beispiel eines solchen Ventils kann das in Fig. 160 gezeichnete gelten. Das Ventil a sitzt an einer geführten Spindel und infolge des durch das Rohr A zugeführten Wassers geschlossen auf dem Sitz, zugleich getragen von der Gummiplatte p, die eine Feder ersetzt. Durch einen Druck auf die Platte p öffnet sich das Ventil so lange, als dieser Druck ausgeübt wird.

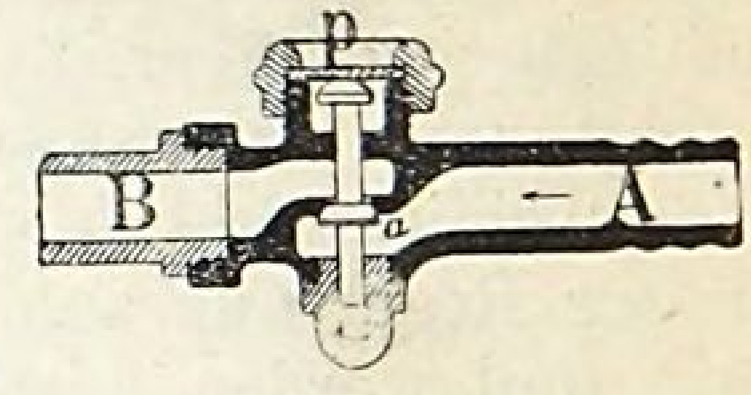


Fig. 160.

Die Anordnung eines Absperrventils in einem rechtwinklig abgebogenen Rohr (sog. Eckventil) ergiebt sich sofort bei einer Vergleichung mit Fig. 173 S. 118.

III. Schieber- und Kolbenventile.

Besteht das Verschlussorgan aus einer Platte oder einem plattenähnlichen Körper, der den Durchgang einer Flüssigkeit durch eine Oeffnung dadurch zum Teil oder vollständig gestattet oder aufhebt, dass es sich vor der Durchgangsöffnung, an den Rand derselben sich dichtend anlegend, bewegt, so nennt man dasselbe Schieber, Schiebventil, Schieberventil, die auf einander gleitenden Flächen Spiegel oder Schieberspiegel, und das die Schieber umschliessende Gehäuse den Schieberkasten — Wird das Abschlussorgan aus einer ebenen zusammenhängenden Platte gebildet, so heisst dasselbe Flachschieber (Fig. 161, I); ist die

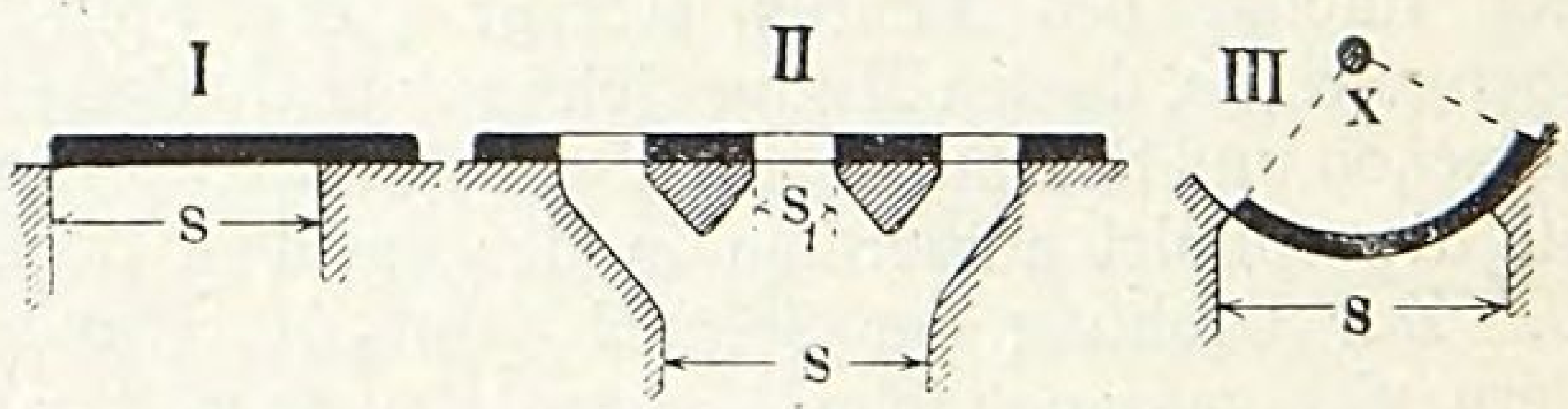


Fig. 161.

Platte mehrfach durchbrochen, so entsteht der Gitterschieber (Fig. 161, II); schmiegt sich der Schieber an die Hohlwand eines Cylinders an, so führt er passend den Namen Rundschieber (Fig. 161, III); befindet sich zwischen den abdichtenden Randflächen des Schiebers ein Hohlraum O (Fig. 162), wodurch die gewölbte Form entsteht, so wird der Schieber Muschelschieber genannt.

Bezüglich der diesen Hauptschieberformen zufallenden Aufgaben bestehen folgende wesentliche Unterschiede. — Der Flachschieber (Fig. 161, I) muss zum vollständigen Oeffnen und Schliessen der Oeffnung einen geradlinigen Weg s gleich der ganzen Oeffnungsbreite zurücklegen — Der Gitterschieber (Fig. 161, II) bedarf zu demselben Zwecke nur eines Weges s_1 von der Breite eines Schlitzes, also unter der Annahme, dass die Gesamtbreite sämtlicher Schlitze gleich der Breite s ist und dass n Schlitze vorhanden sind, ist zur Hervorrufung einer gleichen Durchgangsöffnung nur der Weg $s_1 = \frac{s}{n}$ erforderlich, und infolgedessen die zur Bewegung des Schiebers notwendige Arbeit und Zeit ebenfalls in demselben Verhältnisse

kleiner. — Der Rundschieber ist nichts weiter als ein gebogener Flachschieber, der (Fig. 161, III) das Oeffnen und Abschliessen durch eine Drehung um die Achse x bewirkt und zwar längs eines Bogens s, wenn derselbe voll, und längs eines Bogens s_1, wie beim Gitterschieber, wenn derselbe durchbrochen ist. — Der Muschelschieber (Fig. 162) ist vermöge seiner Höhlung O und seiner Spiegelflächen i i befähigt, je nach seiner Lage die Kanäle b und c oder a und b mit einander zu verbinden und dabei zugleich abwechselnd den Kanal a oder c frei zu halten, während b stets von dem Raum D im Schieberkasten abgeschlossen bleibt. Eine in den letzteren eintretende Flüssigkeit wird demgemäss durch die Schieberbewegung abwechselnd durch a oder c ausströmen, während zugleich ein Austreten von Flüssigkeit ebenso wechselnd von c oder a durch b stattfinden kann. Da dem Muschelschieber hierdurch eine ausserordentlich wichtige Thätigkeit zur Verteilung von Flüssigkeitsströmen zufällt, so führt er auch den Namen Verteilungsschieber oder Steuerschieber, sowie Dampfschieber, im Falle die Flüssigkeit Wasserdampf ist.

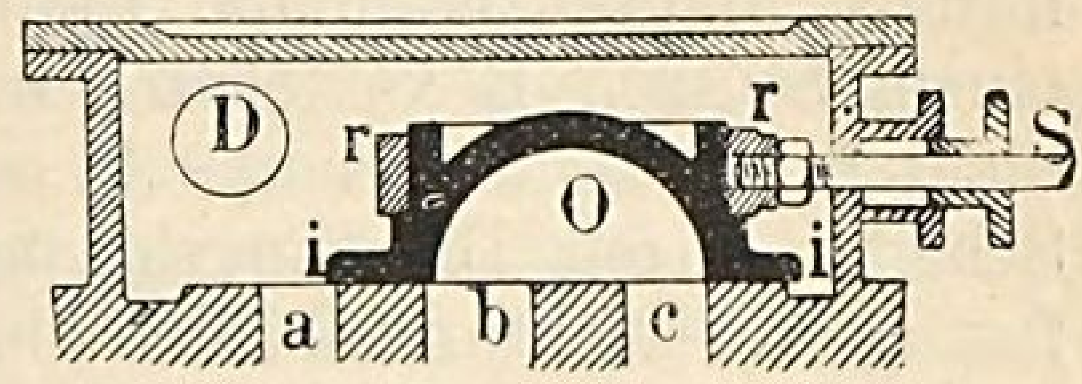


Fig. 162.

Auf den Schiebern lastet stets der Druck, den die Flüssigkeit im Schieberkasten ausübt. Bezeichnet man diesen Druck mit p auf die Flächeneinheit, die gedrückte Fläche mit F, so beträgt der Gesamtdruck p F, welcher bei der Schieberbewegung als ein Reibungswiderstand p F f auftritt, der bei einer Verschiebung von der Grösse s zur Ueberwindung eine mechanische Arbeit:

$$a = p F f s$$

gebraucht, die mitunter so beträchtlich wird, dass es geboten ist, Mittel anzuwenden, welche die Druckwirkung von der Schieberoberfläche teilweise oder ganz fernhalten. Solche Entlastungsmittel haben die sog. Entlastungsschieber (entlastete Schieber) hervorgerufen. Die Aufhebung des Druckes erfolgt in der Regel entweder durch Abschluss der oberen Fläche (Rückenfläche) des Schiebers, oder durch Herstellung eines Gegendruckes und zwar mit Hilfe zahlreicher Vorrichtungen.

Zur Bewegung der Schieber bedient man sich entweder der Hand oder der Steuermechanismen, da Schieber sich nicht von dem durchlaufenden Flüssigkeitsstrome verschieben lassen.

Die Handbewegung findet in der Regel nur statt, wenn mit den Schiebern bezweckt wird, den Durchfluss der Flüssigkeit voll zu gestatten, oder ihn zu verringern oder durch vollständige Absperrung ganz zu verhindern, weshalb die handbewegten Schieber auch Absperrschieber genannt werden. — In der einfachsten Ausführung besteht ein solcher Schieber aus einer viereckigen Platte aus Eisenblech oder Gusseisen, die in einem Rahmen geführt wird, welcher aus U förmigen Leisten besteht, und an passender Stelle dem Kanal etc. einverleibt wird. Zur Bewegung erhält der Schieber einen einfachen Handgriff, oder, wenn derselbe aus grösserer Entfernung regiert werden soll, eine über Rollen laufende Kette. Zu diesen einfachen Schiebern gehören die Rauch- und Luftschieber sowie die Schützen in offenen und geschlossenen Wasserläufen, in Schleussenthoren u. dergl. nur mit dem Unterschiede, dass man sie noch

oft aus Holz herstellt und mit Zahnstangen versieht, in welche durch Kurbel oder endlose Schrauben bewegte Zahnräder eingreifen, deren Welle zugleich eine Sperrvorrichtung aufnimmt. — Für Wasser- und Gasleitungen dienen Absperrschieber zum Absperren einzelner Leitungsteile oder Zweigleitungen und bekommen gewöhnlich die in Fig. 163 dargestellte Anordnung. Der Schieberkasten A wird mittels Flanschen in die Rohrleitung eingefügt und mit einem Stutzen B versehen, der eine luft- und wasserdicht schliessende Haube C aufnimmt. Der eigentliche Schieber a mit Dichtungsleisten verläuft keilförmig, um fest an die Dichtungsflächen angepresst werden zu können. Seine Bewegung erfolgt mittels der in der Stopfbüchse b geführten, abgedichteten und durch einen Bund an per Längenverschiebung verhinderten Schraubenspindel S mit linkem Gewinde, deren Mutter m in dem hohl gegossenen Schieber sitzt. Zur Drehung der Spindel bedient man sich eines auf den viereckigen Kopf k gesteckten Schlüssels, an dessen Stelle vielfach ein Handrad tritt. Die Form des Schiebers ist gewöhnlich in der unteren Hälfte halbkreisförmig und oben viereckig, mitunter ganz viereckig oder vollständig kreisrund. Geführt wird der Schieber durch seitwärts angebrachte Lappen mit Einschnitten, die sich auf Prismen im Gehäuse legen. — Ist dieser Schieber für Wasserleitungen bestimmt, so werden die Spindel S und die Gleitschienen aus Bronze angefertigt; bei Gas- und Luftschiebern genügt Gusseisen.

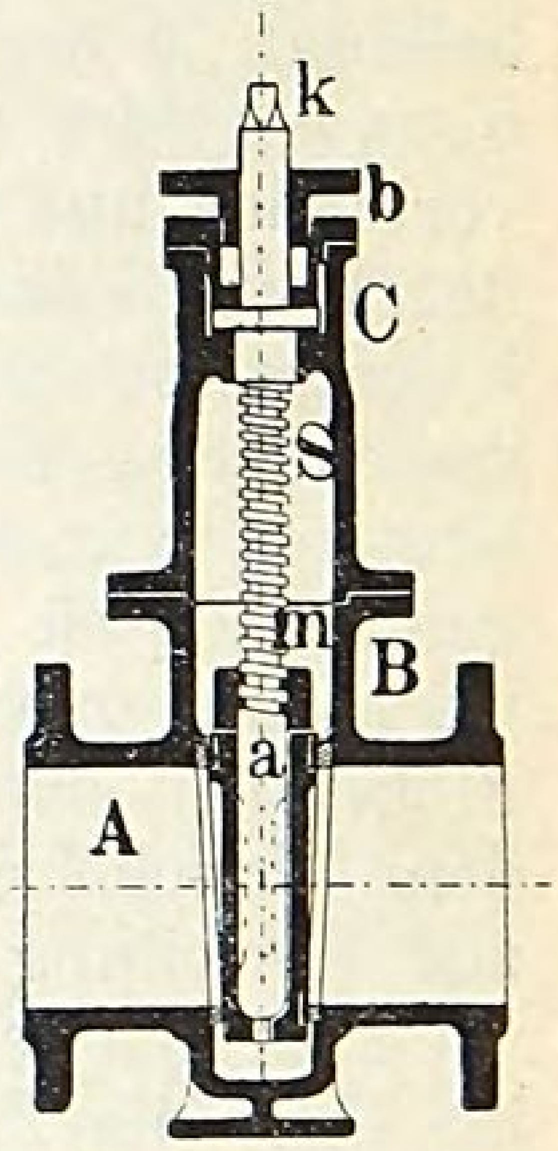


Fig. 163.

Ein Absperrschieber, der hauptsächlich zum Absperren vertikaler Röhren dient und ein schnelles Absperren und Oeffnen gestattet, besteht (Fig. 164)

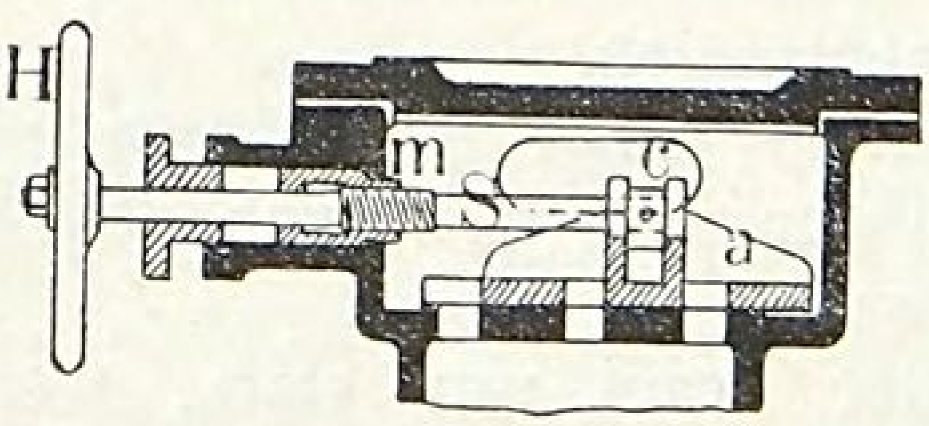


Fig. 164.

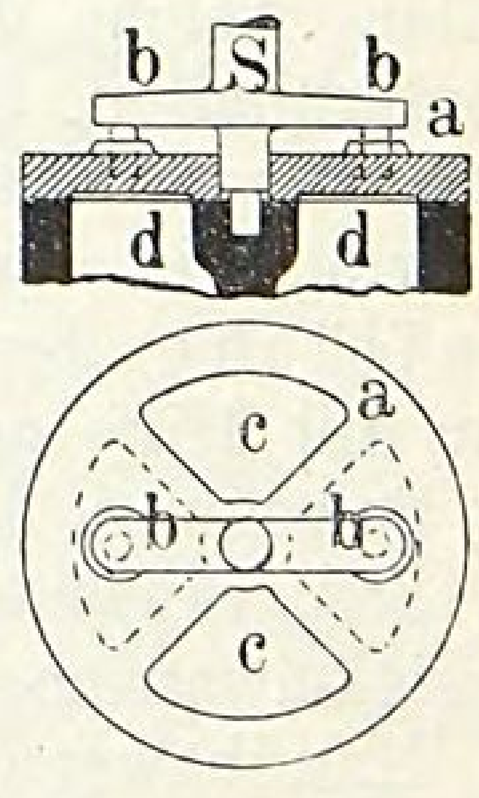


Fig. 165.

aus einem Gitterschieber a mit schlitzartig durchbrochenem Sitz. Auf dem Rücken desselben liegt in einer Vertiefung der cylindrische Kopf c der Schraubenspindel S, deren Mutter m festliegt, so dass die mittels Handrad H gedrehte Spindel S eine Längsverschiebung erhält und auf den Schieber überträgt. Dieser Schieber eignet sich besonders zum Ablassen von Flüssigkeit.

Die Drehschieber werden in der Regel aus runden Scheiben a (Fig. 165) hergestellt, die zwei oder 3 segmentartige Ausschnitte c c erhalten, welche mit gleichen Ausschnitten d d der Sitzplatte korrespondiren. Zur Bewegung (Drehung) derselben dient eine Drehspindel S, welche in

dem Ventilkörper mit einem Zapfen drehbar gelagert und mit zwei Armen b b versehen ist, die an den Enden Mitnehmer tragen, welche in Vertiefungen der Scheibe a eintreten. Ihrer starken Abnutzung halber finden diese Dreh- oder Kreisschieber nur eine untergeordnete Verwendung.

Zu den mechanisch oder zwangläufig bewegten Schiebern gehört in erster Linie der Muschel- oder Verteilungsschieber (Fig. 162, S. 113), welcher der Hauptsache nach aus der Muschel O mit den Spiegeln i i und der Vorrichtung zur Aufnahme der zur Bewegung erforderlichen Schieberstange S besteht. Die Grösse des Schiebers richtet sich nach der Weite der ausmündenden Kanäle a, b, c und ist in jedem einzelnen Falle zu bestimmen. Die Grösse des festliegenden Spiegels muss so bemessen werden, dass der Schieber bei jeder Bewegung (Hub) über die ganze Fläche wegstreift, damit diese sich gleichmässig abnutzt, und an den Kanten keine Erhöhungen zurückbleiben. — Die Verbindung des Schiebers mit der Schieberstange hat stets in der Weise zu erfolgen, dass die Abnutzung der Spiegel keinen Einfluss auf die Abdichtung ausüben kann, und dass die Mitnahme des Schiebers mit der grössten Genauigkeit und Sicherheit stattfindet. Diese Bedingungen lassen sich in sehr verschiedener Weise erfüllen, weshalb auch eine grosse Anzahl passender Verbindungen entstanden ist. Oft verwendet man einen viereckigen Rahmen r r (Fig. 162, S. 113), der über den Schieber geschoben wird und in welche man die Schieberstange S einschraubt. — Eine sehr häufig anzutreffende Verbindung zeigt Fig. 166. Die Schieberstange S erhält am Ende ein Schraubengewinde zur Aufnahme einer Mutter

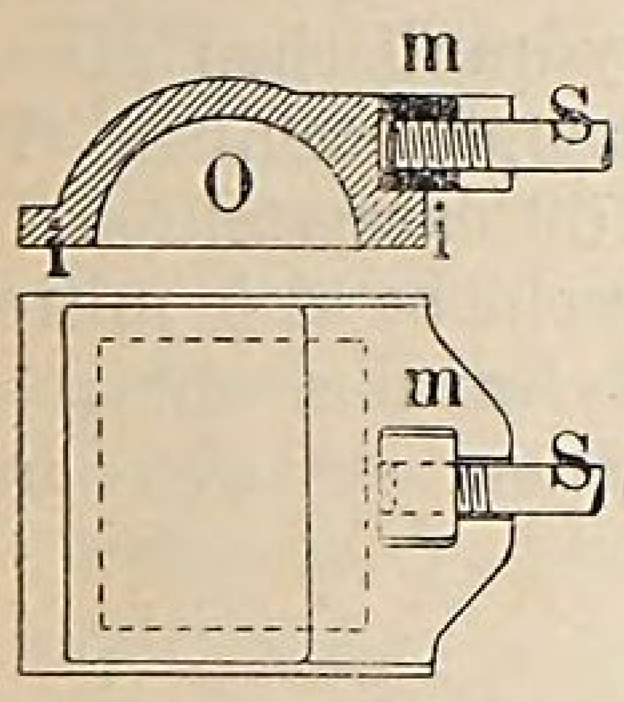


Fig. 166.

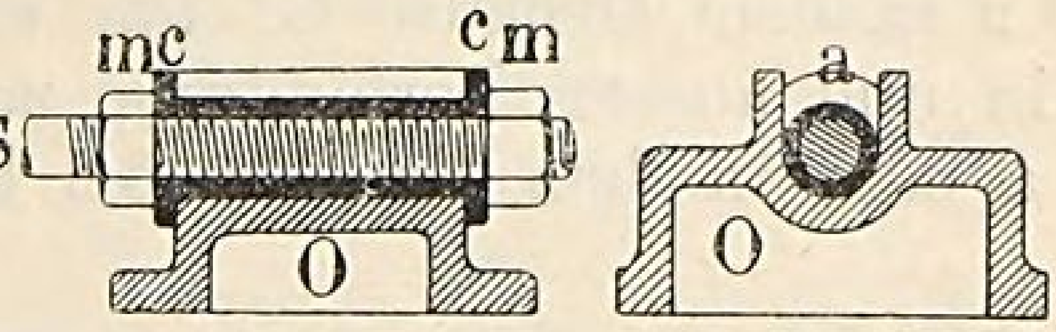


Fig. 167.

m, welche in einer Vertiefung oder hinter zwei Knaggen des Schiebers Platz findet. — Zu den gebräuchlichsten Verbindungen gehört jedoch die in Fig. 167 dargestellte. Der Schieber O besitzt auf dem Rücken eine angegossene Rinne a zur Aufnahme einer Büchse oder Röhre c c, welche genau die Länge der Rinne hat. Die mit Gewinde versehene Schieberstange S findet ihre Befestigung in dieser Röhre durch die Muttern m, m, welche sich gegen die Ränder pressen. — Bei allen drei Anordnungen ist der Schieber genügend beweglich, um die Abnutzungen auszugleichen und eine stetige Berührung der Gleitflächen zu sichern, während zugleich die Schrauben an den Stangen eine genaue Einstellung zulassen.

Befinden sich in einer Platte P (Fig. 168) zwei zu einander geneigte Schlitze r, s, so lassen sich diese Schlitze nach Belieben breiter oder schmäler machen oder verschliessen, wenn man eine keilförmige Platte a über die Platte P hinweg schiebt. Denkt man sich nun die Platte P cylindrisch hohl und die Platte a aufgerollt und sich genau an P anschliessend,

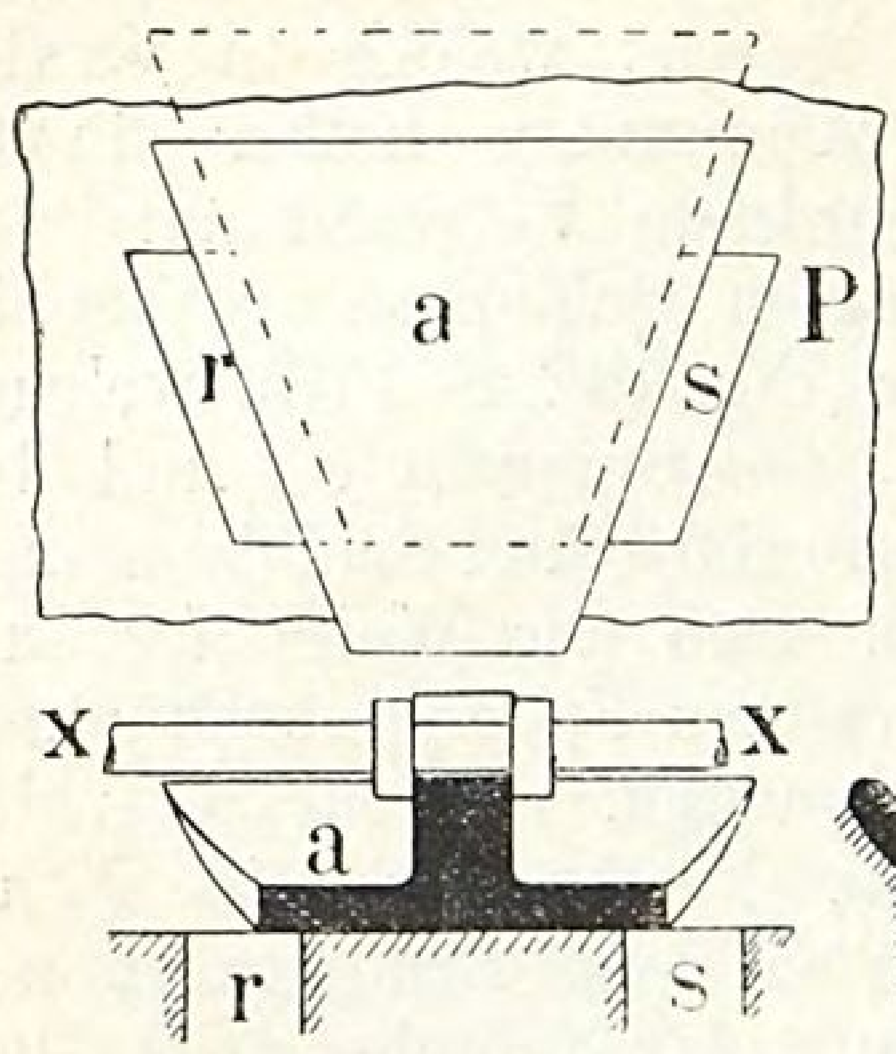


Fig. 168.

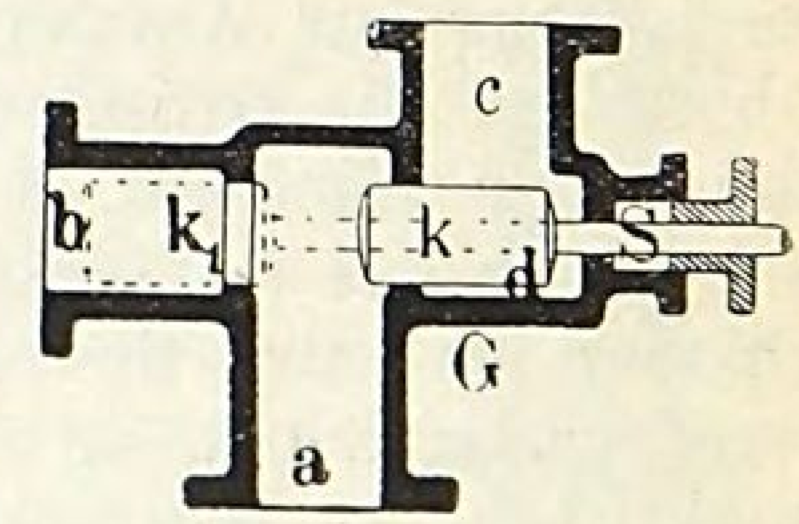


Fig. 169.

so erfolgt das Oeffnen und Schliessen der Kanäle r und s durch eine Schwingung der Platte a um ihre Achse x x. Wird sie dabei zugleich in der Richtung der Achse hin- und herbewegt, so fungirt sie zugleich als einfacher Schieber, der abwechselnd r und s verschliesst, aber je nach der Stellung zu der Achse früher oder später (Bodmer-Rider).

Der Kolbenschieber ist ein Verschlussorgan, welches in ähnlicher Weise wie ein Schieber zur Wirkung kommt, nur mit dem Unterschiede, dass es sich in einem rund herum anschliessenden Kanal oder Rohr verschiebt. Er dient fast nur als Steuermittel, namentlich an hydraulischen Maschinen (Aufzügen, Wassersäulenmaschinen) mitunter an Dampfmaschinen (Dampfhämmern) und ist allgemein nach dem durch Fig. 169 dargestellten Grundgedanken angeordnet. Der cylindrische Kolben k verschiebt sich mittels der Stange s in dem Gehäuse G, um abwechselnd den Kanal a mit b oder c mit a in und ausser Verbindung zu setzen, jenachdem er sich in dem Kanal a oder in dem Kanal b bei k_1 befindet.

IV. Hähne.

Bilden die Verschlussorgane cylindrische oder kegelige Drehkörper mit Durchgängen für den Durchfluss der Flüssigkeiten, in Verbindung mit einem mit korrespondirenden Oeffnungen versehenen Umschluss, so nennt man sie Hähne und insbesondere den Drehkörper selbst Küken oder Schlüssel und den Umschluss das Hahngehäuse. Beide Teile werden am häufigsten aus Rotguss oder Messing, vereinzelt aus Eisen hergestellt, das mit Rotguss ausgebüchst wird. Die Form der Hähne ist durchgehends ein Kegelstumpf mit einem Anzug von 1 : 9, der einem Kegelwinkel von 13° entspricht, weil diese Form nicht nur einen besseren Anschluss gewährt, sondern auch die Abnutzung ausgleicht, da das kegelige Küken der Abnutzung gemäss vorrückt, vorausgesetzt, dass das etwa aus dem Gehäuse herausragende Stück sich nicht als Kegel, sondern als Cylinder fortsetzt. Ausserdem kommen oft noch sog. Spannvorrichtungen aus Platten- oder Spiralfedern zur Verwendung, welche den Hahn anziehen. — Je nach der Anzahl der Durchgangsöffnungen, welche in das Hahngehäuse münden,

unterscheidet man Zwei-, Drei-, Vier-weg Hähne. Tritt die Flüssigkeit seitwärts in den Hahn ein und in der Achsenrichtung aus, so entsteht der Eckhahn. — Die Bewegung des Hahnes erfolgt entweder mit der Hand an einem Griff oder mittels eines Schlüssels oder durch mechanische Vorrichtungen (Steuerhähne).

Die Einrichtung eines gewöhnlichen Hahnes geht aus Fig. 170 hervor. Das Küken hat nur einen Durchgang a. Damit dieser Durchgang gleich dem Querschnitt des Zuflusses und Abflusses bei a und c wird, ohne dem Gehäuse einen grossen Umfang geben zu müssen, ist derselbe schlitzartig wie ein langes Loch geformt. Zum Anziehen dient die Schraubenmutter m, welche auf eine Unterlagplatte wirkt, die mit einem viereckigen Loche auf einem viereckigen Zapfen des Kükens liegt und daher das Losdrehen der Mutter verhindert, weil sie sich mit dem Küken herumdreht. Es ist bei diesen Hähnen üblich, den Griff H in die Richtung des Durchfliessens anzubringen, um daran die Stellung des Kükens zu erkennen.

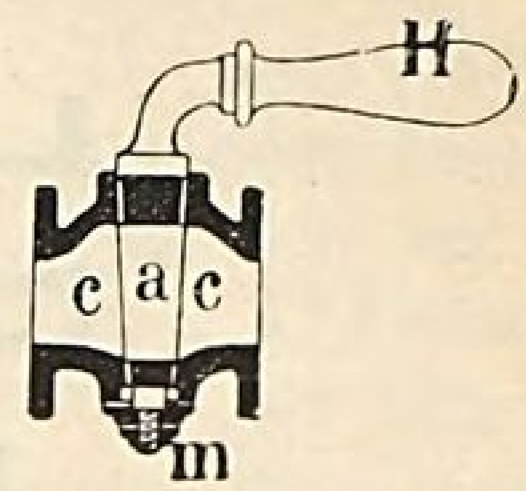


Fig. 170.

In hohem Grade zweckmässig sind Rohrverbindungsstücke mit Abschliessung durch Hahn (Bachmann). Dieselben bestehen (Fig. 171) aus einem Gehäuse aus Weichguss (S 84) mit den gewünschten Ausgängen A, B, C, in deren Kreuzpunkt ein Küken D aus Bronze (Phosphor- oder Aluminiumbronze) eingeschliffen wird, der durch einen aufgesetzten Schlüssel sich drehen lässt und in dem Gehäuse selbst durch einen oben eingeschraubten Verschlussring mit Lederring als Dichtung zurückgehalten wird. Bemerkenswert ist hierbei noch der feste Abschluss des unteren Gehäuseteiles. Die Zahl der Durchgänge richtet sich nach der Zahl der Anschlüsse; im vorliegenden Falle dienen die drei Durchgänge a, b, c zum beliebigen Abschluss und zur beliebigen Verbindung der Anschlüsse A, B, C, je nach der Hahnstellung.

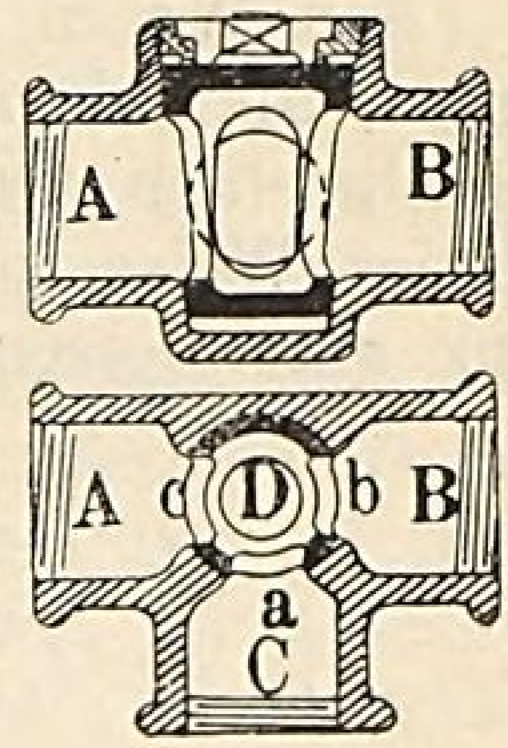
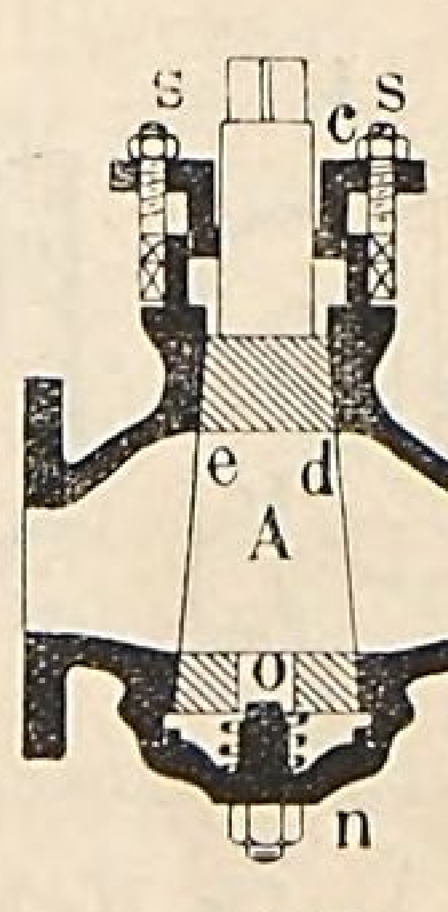


Fig. 171.

Stehen die durchlaufenden Flüssigkeiten unter grossem Drucke, oder ist das Dichthalten der gewöhnlichen Hähne wegen der Beschaffenheit der Flüssigkeiten (sandführendes Wasser, flüchtige Gase etc.) schwierig, so empfiehlt sich die Anbringung einer Stopfbüchse mit passender Packung. Eine solche Konstruktion (Fig. 172) bedingt zur Anbringung der Stopfbüchse einen Aufbau für die Aufnahme des Stückes c, welches mittels Schrauben s s angezogen, die Packung an- und abschliesst. Eine im untern Gehäuseteil n liegende Spiralfeder presst das Küken A an seinen Sitz. Zum Einbringen des Kükens ist der Gehäuseboden n abnehmbar und durch zwei seitwärts sitzende Schrauben zu befestigen. Der Hahn (Fig. 172) gehört zugleich zu den selbstdichtenden (Klein). Indem nämlich die Flüssigkeit durch die Bohrung o auch unter das Küken treten kann, wird ein Flüssigkeitsdruck gegen die Fläche e d wirksam und presst die Kegelflächen um so stärker zusammen, je grösser der Flüssigkeitsdruck ist. — Die selbstdichtenden Hähne unterliegen auch weniger dem



172.

Einklemmen infolge eines Temperaturwechsels, weil der Kegel sich etwas verschieben kann.

Die Fig. 173 stellt einen sogenannten Eckhahn dar. Das Küken A

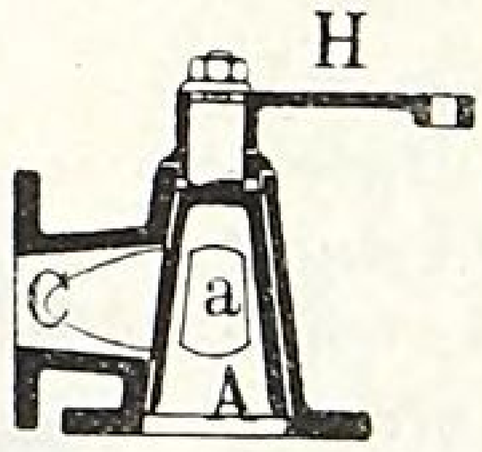


Fig. 173.

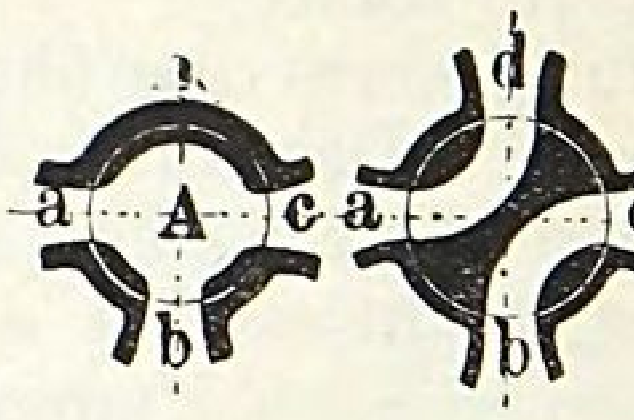


Fig. 174 u. 175.

bildet einen Hohlkegel, der an der Basis offen ist und seitwärts die Oeffnung a besitzt, durch welche die Verbindung des Innern mit dem Anschluss C hergestellt wird. Der Flüssigkeitsdruck presst auch hier das Küken in der Richtung nach der Kegelspitze in das Gehäuse. Diese Hähne heissen auch Einspritzhähne, weil sie vielfach zum Einspritzen des Wassers in Kondensatoren benutzt werden.

Das Wesen der Drei- und Vierweghähne geht aus Fig. 174 und 175 hervor, die erkennen lassen, dass die verschiedenen Stellungen des Kükens die einzelnen Durchgänge a, b, c und a, b, c, d des Gehäuses in wechselnder Weise in und ausser Verbindung mit einander bringen, sowie auch ganz abschliessen können.

V. Flüssige Verschlüsse.

Sehr häufig werden Flüssigkeiten (Wasser, Quecksilber u. s. w.) als Absperrorgane benutzt, die man flüssige Verschlüsse (Reuleaux) nennen kann. — Beim Auffangen von Gasen über Quecksilber oder Wasser unter Glocken u. dergl. ist die absperrende Flüssigkeit ein solcher Verschluss, desgleichen in einem Heber. — Die flüssigen Verschlüsse finden hauptsächlich Verwendung zum Absperren von Leitungen, aus welchen Gase zu entweichen verhindert werden sollen. Sie werden gewöhnlich in 3 Formen ausgeführt.

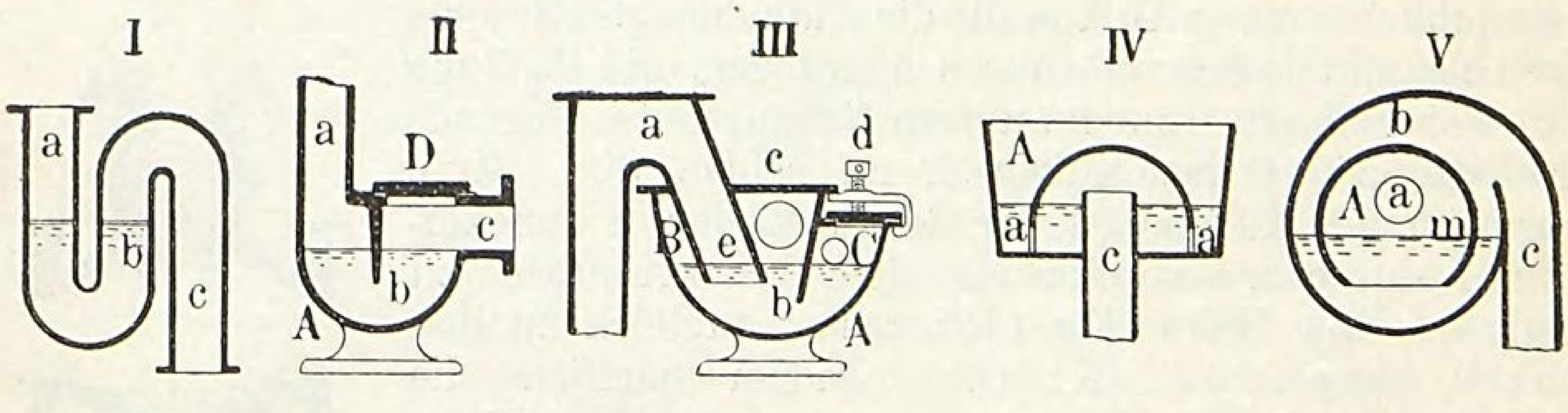


Fig. 176.

1. Als Heberabschluss, der nach Fig. 176, I aus dem Zuflussrohr a, dem Abflussrohr c und dem Verschlussstück b besteht. Die in b vorhandene Flüssigkeit verhindert das in c aufsteigende Gas zum Uebertritt

nach a, wenn der Druck des Gases die durch Verdrängung entstehende Wassersäule nicht überwindet, weshalb die Höhe von b sich nach dem Gasdruck zu richten hat. Zugleich vermag eine in a eingelassene Flüssigkeit ununterbrochen durch c abzulaufen, ohne die Gasabsperrung zu unterbrechen, weshalb dieser Heberabschluss in chemischen Fabriken und Laboratorien, namentlich aber bei Wasserabflussleitungen in Gebrauch ist.

2. Als Abschluss mit Querwand, der (Fig. 176, II) aus einem Topf A besteht, welcher mit einer bis fast auf den Boden reichenden Querwand b versehen ist, unter welcher ein für das Durchtreten der bei a zufliessenden Flüssigkeit ausreichender Raum vorhanden ist. Zum Abfliessen der Flüssigkeit dient das Rohr c, bis zu dessen Einmündung die Sperrflüssigkeit reicht. Ein abnehmbarer Deckel D macht das Innere des Topfes zugängig. — Der in Fig. 176 III dargestellte Abschlusstopf mit Querwand b dient als sog. Vorlage in der Leuchtgasfabrikation und ähnlichen Anlagen einem doppelten Zweck. Zunächst sollen die Destillationsprodukte (Gas und Teer) darin aufgenommen und getrennt werden. Ausserdem beabsichtigt man einen Verschluss, welcher den Austritt, aber niemals das Rücktreten des Gases gestattet, welches beim Oeffnen der Retorte behufs einer Neubeschickung, bei einem Riss u. dergl. sonst erfolgen würde. Zu dem Ende ist die Vorlage A durch die Querwand b in zwei Teile B und C geteilt, die bis zu einer passenden Höhe mit Flüssigkeit (Teer) gefüllt sind. In den Raum B tritt das von dem Destillationsgefässe (Retorte) kommende Rohr, indem es mit der Mündung e etwa 6 *cm* tief in die Flüssigkeit eintaucht. Die kondensirten Flüssigkeiten (Teer) sammeln sich unten in der Vorlage und laufen aus einem in C mündenden Rohre ab, während die gasförmigen Produkte durch das Rohr c entweichen. — Nach denselben Grundsätzen werden auch Thon, Glas, Blei etc., verschiedene Absorptions- und Waschgefässe für Gase (Ammoniak, Chlor, Kohlensäure u. dergl.) gebaut, nur kann hier in der Regel die Scheidewand weggelassen werden.

3. Als Glockenabschluss nach Art des S. 104 beschriebenen Glockenventils. Gewöhnlich genügt ein offenes Gefäss A (Fig. 176, IV) mit einem hineinragenden Abflussrohr c, das im Gefässe A mit einem ringförmigen Raum a a umgeben ist, in dem sich die Absperrflüssigkeit befindet. Die eintauchende Glocke ruht auf dem Boden nur mit einigen Füssen auf, zwischen denen die Flüssigkeit nach dem Abfallrohr c gelangt. — Zu diesen Abschlüssen gehört auch die in Fig. 176, V dargestellte Einrichtung zum Reinigen von Luft. Eine liegende, aus verzinktem Eisenblech angefertigte Trommel ist mittels einer an den Enden befestigten konzentrischen Glocke A in zwei Räume geteilt, die zu einer passenden Höhe m mit Wasser gefüllt werden. Frische, atmosphärische Luft gelangt, von einem Ventilator gepresst, durch ein Rohr a in den Raum A und wird gezwungen, durch das Wasser und um den Rand der Glocke in den Raum b zu treten, um von hier mittels des Rohres c zur Gebrauchsstelle zu gelangen. Zur gleichmässigen Verteilung der Luft sind zwischen Glocke und Gefäss noch 50 Bleche angebracht, so dass die Luft durch ebenso viele Kanäle verteilt aufsteigen muss. Bei einer Länge von 3 *m* und einem Durchmesser von 1 *m* soll dieser Luftwäscher stündlich etwa 10 000 *cbm* gewaschene Luft liefern.

VI. Dauernde Verschlüsse.

Wenn Oeffnungen in Gefässen und Röhren so verschlossen werden sollen, dass der Verschluss verhältnismässig selten und dann auch nur vorübergehend aufgehoben werden soll, so nennt man die Verschlussorgane zweckmässig dauernde Verschlüsse. Je nach der Grösse der Oeffnungen, dem Inhalte der Haltungen u. s. w. hat man diese Verschlüsse in sehr mannigfacher Weise bewerkstelligt. — In vielen Fällen genügt das Einschlagen eines Pflockes oder das Einschrauben einer Schraube mit Unterlegplatte und Dichtung (S. 85).

Grössere Oeffnungen verschliesst man mit passenden Platten, die auf verschiedene Weise, aber in der Regel durch Schrauben, mitunter durch Keile und Vorlegstange u. s. w. angedrückt und festgehalten, oft auch um Scharniere drehbar und mittels Vorreiber befestigt werden. Ein zweckmässiger Verschluss dieser Art ist in Fig. 177 dargestellt. Die Verschlussplatte a liegt vor der Oeffnung O (Mund einer Gasretorte, Rohrstutzen u. dergl.). An jeder Seite der Platte befindet sich fest mit dem Rohre oder Retortenbeschlag verbunden ein Haken n zur Aufnahme einer Querstange, welche in der Mitte einen Arm H mit einem Exzenter e aufnimmt. Indem der Arm H z. B. durch ein Gewicht abwärts gezogen wird, presst das Exzenter die Platte a mit einer Kraft an, die von dem Gewichte des Armes und dem Uebersetzungsverhältnisse abhängt. — Oft erfolgt der Verschluss mittels einer Druckschraube und eines Bügels oder Steges, wie bei dem Ventildeckel (Fig. 141 S. 102), selten durch einen zwischen Platte und Querstange eingeschlagenen Keil.

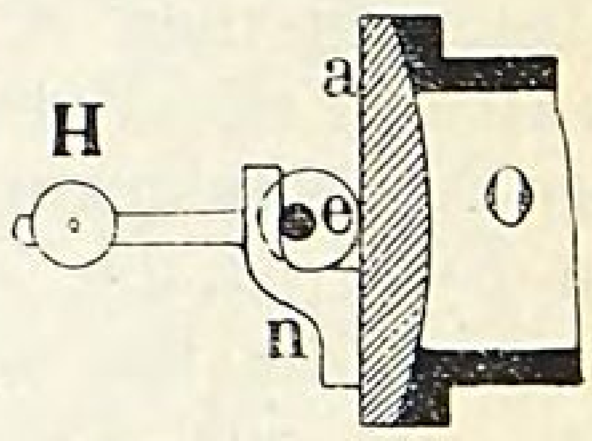


Fig. 177.

Besondere hierher gehörende Verschlüsse sind die sog. Mannlochdeckel an Dampfkesseln, Kochern und ähnlichen Haltungen, welche dazu dienen, das Innere dieser Gefässe zum Zwecke der Reinigung, Reparatur u. s. w. durch einen Arbeiter zugängig zu machen. Die Grösse der gewöhnlich ovalen Löcher ist daher so bemessen, dass ein Arbeiter dieselben bequem passiren kann. In der Regel genügen 30 bis 35 *cm* für die kleine und 40 bis 45 *cm* für die grössere Achse. Der Verschluss erfolgt (Fig. 178) durch eine einfache oder aus zwei Blechtafeln zusammengenietete Platte a a, welche nach der Gestalt der Gefässwand A A entsprechend eben oder gebogen ist und von innen aus eingelegt wird, so dass der obere Teil der Platte die Oeffnung ausfüllt und der untere grössere mit dem vorstehenden Rande c d das Dichtungsmaterial aufnimmt. Zum Festhalten dienen zwei mit der Platte vernietete Schrauben s und zwei Bügel, welche sich mit zwei Füssen gegen die Gefässwand A A stemmen und in der Mitte die Schrauben s durchlassen, die, mittels Muttern m angezogen, sämtliche Teile dicht vereinigen. Ausserdem erfolgt noch ein Andruck, wenn sich in dem Gefässe (z. B. Dampfkessel) die Flüssigkeit unter Druck befindet. — Sind die zu verschliessenden Oeffnungen von bedeutender Grösse und fordert ihr Zweck den Verschluss durch Auflegen des Deckels,

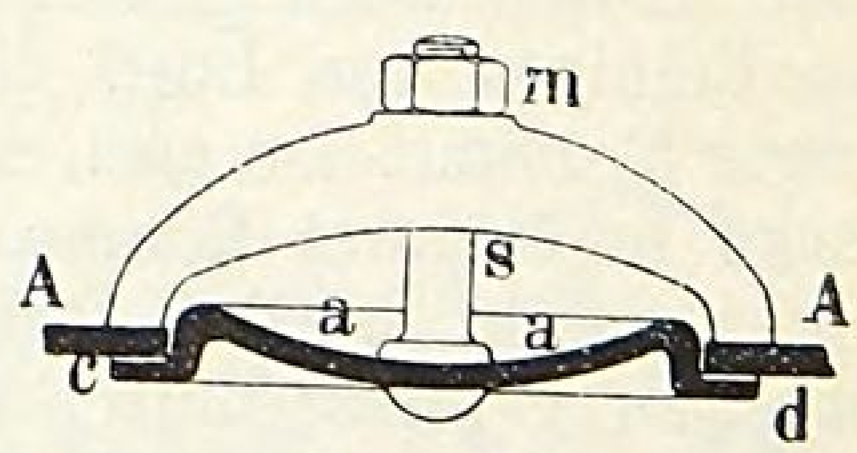


Fig. 178.

so muss dieser direkt durch Schrauben befestigt werden. Dies kommt u. a. vor bei Kesseln zum Imprägniren von Holz, bei Hadernkochern u. dergl. wo zum Einbringen des Materials der Kesselboden das Verschlussorgan ist und bei jeder Ladung fortgenommen werden muss. Den Schrauben giebt man hierbei zweckmässig die S. 92 Fig. 133 erklärte Anordnung der Ueberwurfschrauben.

Zweites Kapitel.

Stopfbüchsen und Kolben.

I. Stopfbüchsen.

Geht durch eine Oeffnung in der Wand eines mit Flüssigkeit (Wasser, Gas, Dampf etc.) gefüllten Gefässes ein bewegter Körper z. B. eine Welle, Stange u. dergl., so ist es notwendig zur Verhinderung des Durchtrittes des Inhalts, in der Oeffnung zwischen der Gefässwand und dem durchgehenden Körper eine Dichtung vorzusehen, welche Packung oder Liderung heisst, und in einem Behälter untergebracht wird, der den Namen Stopfbüchse führt.

Die Wahl des Packungmaterials erfolgt im allgemeinen nach den S. 85 etc. erörterten Gesichtspunkten, nur mit dem Unterschiede, dass Rücksicht auf den Verschluss genommen und demnach auf eine Nachschiebbarkeit gerechnet werden muss, was einen gewissen Grad von Elastizität voraussetzt. Man verwendet daher durchgehends nur Schnüre aus Hanf, Baumwolle u. dergl., Leder, Kautschuk und Metallstäbe, in einzelnen Fällen auch Filz, Papier, Leinwand und Holz

Hanfschnüre finden am häufigsten Anwendung und zwar in der Form geflochtener, dreisträngiger Zöpfe. Eine ähnliche Form erhalten die Baumwollschnüre. Vielfach bestehen übrigens die letzteren für den vorliegenden Zweck aus einem Gemisch von Baumwolle mit Asbest. Asbestschnüre sind Baumwollschläuche mit Asbest gefüllt und besonders durch die Unverbrennlichkeit des Asbestes wertvoll.

Leder ist ein sehr gutes Packungsmaterial, wenn die Flüssigkeit etc. eine Temperatur von 40⁰ nicht überschreitet und das Leder nicht angreift. Man benutzt dasselbe daher hauptsächlich bei Pumpen und Pressen, wo hohe Drücke vorhanden sind. Die einfachste Lederpackung wird aus Ringen hergestellt, die sich genau an die Stange anpassen, und in einer gewissen Anzahl über diese Stangen geschoben und zu einer grösseren Berührungsfläche aneinandergeschlossen werden (Fig. 180). Eine andere Form der Lederpackung ist die U Form, welche die Manschetten- oder Stulp-Packung bildet. Die Manschette wird dadurch erhalten, dass man einen entsprechend breiten Lederring im nassen Zustande mittels eines ringförmigen Stempels in eine kreisförmige Nut presst, die sich in einem Klotz aus Holz oder Gusseisen befindet (Manschettenpresse) Die Manschettendichtung besitzt den besonderen Vorteil, durch den Flüssigkeitsdruck angepresst zu werden, was zur Folge hat, dass ihre Dichtheit mit dem Drucke zunimmt. Sie ist daher selbstdichtend und findet namentlich bei hohen Pressungen Verwendung.

Metall wird in neuerer Zeit als Packungsmaterial vielfach angewendet.

Man benutzt hauptsächlich Rotmetall, Weissmetall und Aluminiumbronze, und zwar in der Form von Ringen, welche, in Segmente geteilt, sich an die Kolbenstange anpressen lassen. Das Anpressen wird in einfachster und sicherster Weise dadurch erreicht, dass man den Ringen (Fig. 179) einen dreieckigen Querschnitt giebt und so übereinander schichtet, dass sie aufeinander wie Keile wirken und bei einem Drucke in der Achsenrichtung gegen die Achse vorrücken (Howaldt).

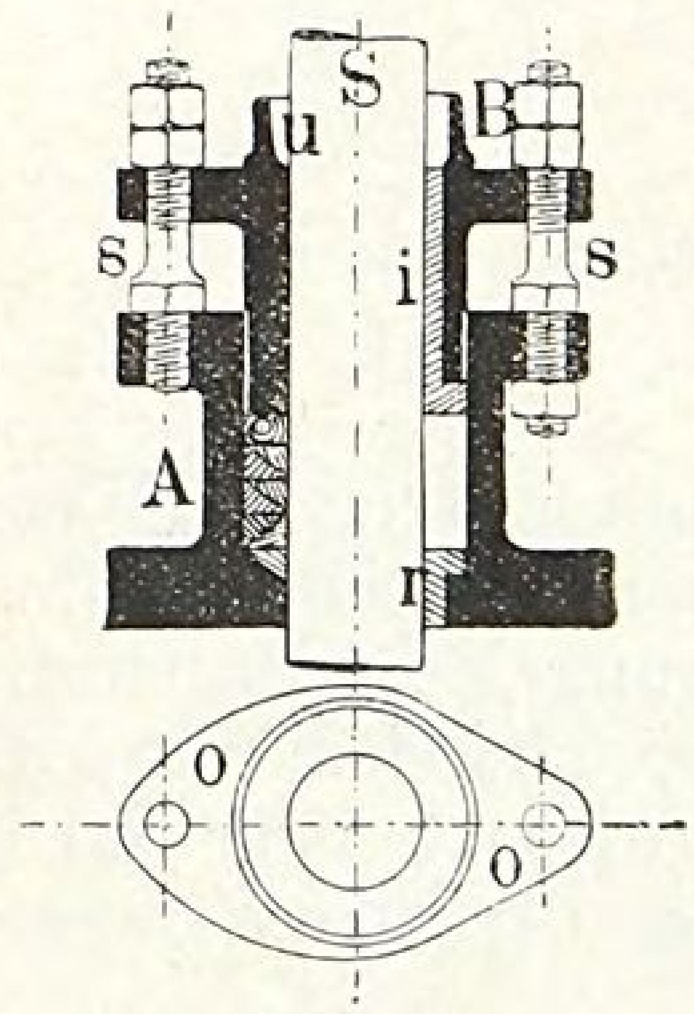


Fig. 179.

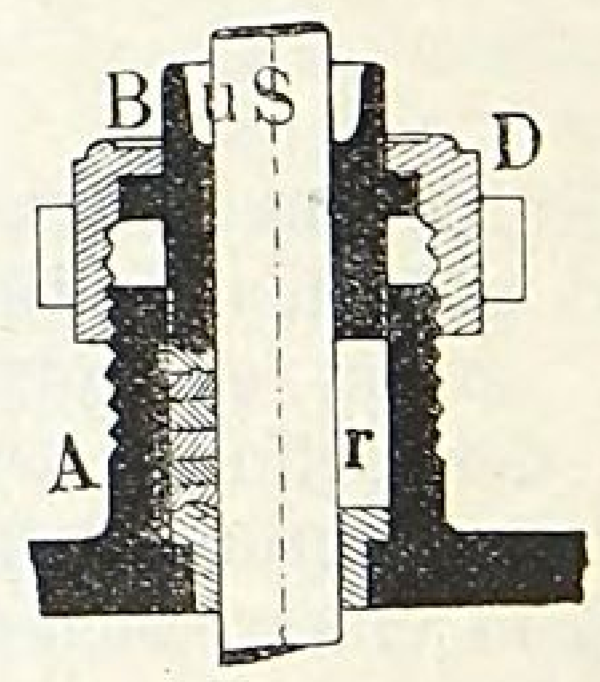


Fig. 180.

Die Stopfbüchse (Fig. 179 u. 180) besteht der Hauptsache nach aus dem Topf A und der Brille B. Der Topf A ist vielfach ein Teil der Gefässwand (Cylinderdeckel), am Boden mit einem auswechselbaren Bodenring r versehen und dient zur Aufnahme der Packung. Die Brille B bildet einen Hohlcylinder, ebenfalls oft mit besonderer Metalleinlage i, und hat die Bestimmung, die Packung zusammenzupressen und dadurch an die Stange S anzudrücken. Die Befestigung und Anpressung der Brille erfolgt mittels Schrauben und zwar bei kleinen Stopfbüchsen sehr gewöhnlich mit einer Dosenschraube D (Fig. 180), bei grösseren und grossen mit Flanschschrauben s, s (Fig. 179) und Ohren o o, oder vollständigen Flanschen. — Die zugekehrten Flächen der Brille und des Grundringes erhalten gewöhnlich eine ebene oder etwas abgerundete, mitunter z. B. bei Lederpackung aus Ringen (Fig. 180) eine keilförmige Begrenzung. — Um bei Anwendung von Metallpackung ein sanftes Anziehen herbeizuführen, ist zwischen die Brille und Ringe noch ein Hanfzopf eingelegt.

Nach der Lage unterscheidet man wohl noch stehende, hängende und liegende Stopfbüchsen; jenachdem die Brille nach oben, nach unten und nach der Seite gekehrt liegt.

Zur Verminderung der Reibung und der Abnutzung muss die Packung geschmiert und die Stopfbüchse daher mit einer Vorrichtung zum Schmieren ausgestattet werden. Für stehende Anlagen (Fig. 180) genügt dazu eine mit der Brille verbundene Schale u zur Aufnahme des Oeles etc. — Bei liegenden Stopfbüchsen erhält die Brille eine Durchbohrung zum Einstecken eines Schmierapparates. Bei Ammoniakeismaschinen wird sogar mittels einer besonderen kleinen Druckpumpe eine Absperrflüssigkeit (Glyzerin) in die Stopfbüchsenkammer gedrückt, um damit zugleich ein Entweichen des Ammoniaks zu verhüten (Linde). — Die zur Packung dienenden Zöpfe, Schnüre und Lederscheiben tränkt man ausserdem vor dem Einlegen in den Topf mit Fett.

II. Kolben.

Wenn es sich darum handelt, die in einer umschlossenen Flüssigkeit (Wasser, gespannter Dampf etc.) vorhandene motorische Kraft dienstbar zu machen, so ist nur erforderlich, diese Flüssigkeit gegen eine bewegliche Wand zur Wirkung zu bringen, so dass diese Wand durch die infolge der motorischen Kraft eingetretene Bewegung ein fortzupflanzendes Arbeitsvermögen erhält. — Umgekehrt wird eine bewegliche mit motorischer Kraft ausgestattete Wand durch Uebertragung des Arbeitsvermögens auf eine umschlossene Flüssigkeit (Wasser, Luft etc.) diese in Bewegung setzen (Pumpen, Gebläse etc.). Diejenigen Maschinenteile, welche in der angedeuteten Weise den genannten Zwecken dienen, führen den Namen Kolben und zwar Treibkolben und Arbeitskolben, jenachdem derselbe für die Aufnahme oder die Uebertragung der Arbeit bestimmt ist.

Die Aufgabe des Kolbens fordert die Bewegung desselben in einem abgeschlossenen Raume, der in der Regel die Form eines Cylinders erhält. Die Bewegung kann entweder längs der Cylinderachse oder um die letztere, also geradlinig hin- und hergehend, drehend oder im Bogen schwingend erfolgen (Hubkolben, Drehkolben, Schwingkolben). Die erste Bewegungsart wird am häufigsten angewendet und zwar in zwei

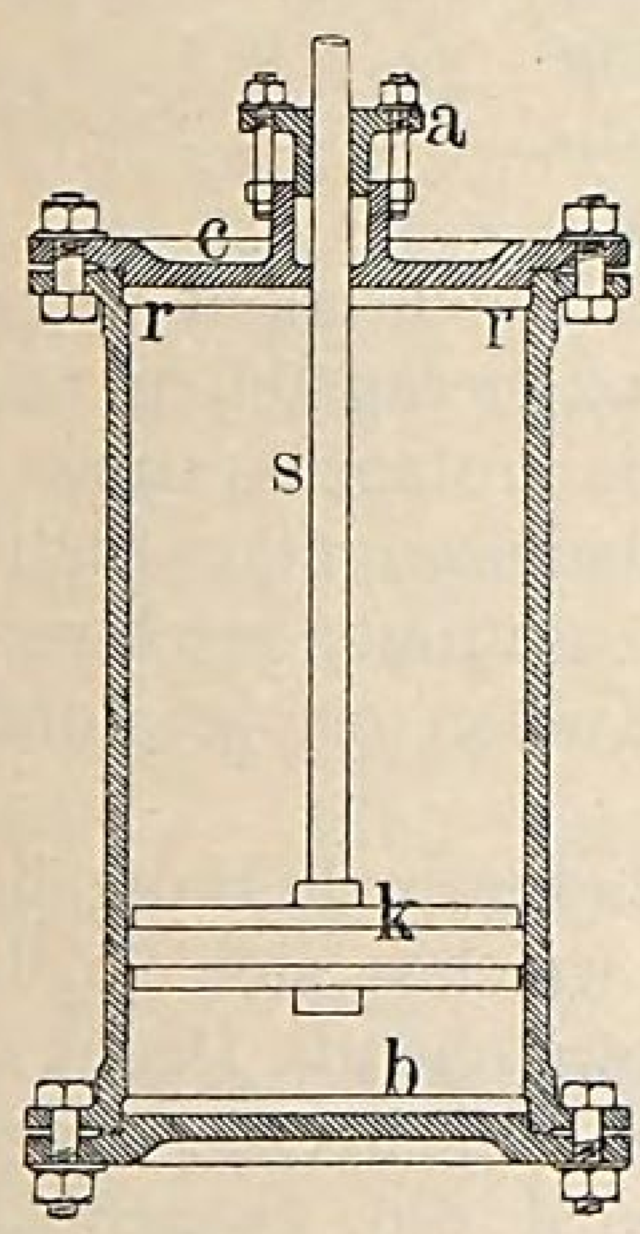


Fig. 181.

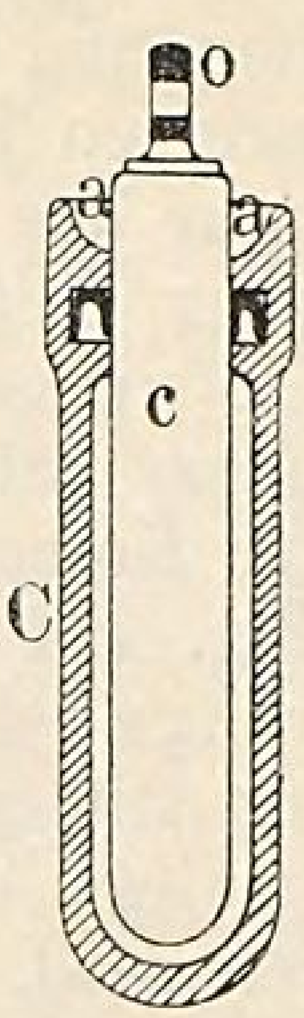


Fig. 182.

Ausführungen (Fig. 181 u. 182). In der Ausführung Fig. 181 bildet der Kolben k eine gegen die Cylinderwand abgedichtete Scheibe mit einer Stange s (Kolbenstange), welche mit der Cylinderachse zusammenfällt und bei a aus dem Cylinderdeckel heraustritt. Diese Kolben heissen Scheibenkolben. — Nach der anderen Ausführung (Fig. 182) besteht der Kolben aus einem Voll- oder Hohl-Cylinder (Plunger, Taucher) c, der durch einen Hals a aus dem Cylinder C heraustritt. Die Kolben dieser Art werden Plungerkolben, Tauch- oder Taucherkolben genannt. — In einzelnen Fällen findet eine Verbindung beider Kolben statt, indem der Plunger am Ende eine Scheibe erhält. — Der Dreh- und Schwingkolben stellt eine viereckige Platte dar, deren vier Seiten sich an die inneren Cylinder- und Deckelflächen anschmiegen und deren Kolbenstange eine mit der Cylinderachse zusammenfallende Drehachse bildet.

Als Material zur Anfertigung der Kolben dient in der Regel Gusseisen, Schmiedeisen und Stahl, mitunter Bronze oder Holz, in seltenen Fällen Glas, Hartgummi u. dergl.

A. Scheibenkolben.

Die Scheibenkolben zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Möglichkeit darbieten, die Wirkung an beiden Seiten zu bethätigen und zwar entweder in der Weise, dass sie den Durchtritt der Flüssigkeit verwehren oder gestatten und für den letzteren Fall in der Achsenrichtung mit Oeffnungen versehen sind, welche Ventilverschlüsse erhalten, wonach man massive und durchbrochene Kolben unterscheidet. Beide Kolhenarten bedürfen einer Abdichtung gegen die Cylinderwand, welche die Liderung bildet in einzelnen Fällen auch durch Einschleifen hervorgebracht wird.

Die Grundform eines gusseisernen Scheibenkolbens (Fig. 183) besteht aus der Scheibe s und der Nabe c zur Aufnahme und Befestigung der zu dem Zwecke mit einem Kegelstumpf t versehenen Kolbenstange S mittels Keil, ferner aus dem Kranz i i, sowie den Rippen r r, welche von der Nabe ausgehend den Kranz und die Scheibe absteifen und stützen. — Bei sehr grossen Kolben mit geringen Pressungen zieht man der Leichtigkeit wegen vor, den Kolbenkörper nur aus Nabe, Armen und Kranz herzustellen und zum Abschluss an jeder Seite eine Stahlblechscheibe aufzuschrauben. — Kleine Kolben bilden oft massive Cylinder aus Schmiedeisen oder Stahl, mit der Stange aus einem Stück geschmiedet oder zusammengeschweisst. — Die Verbindung der Kolbenstange mit hölzernen Kolben erfolgt durch Schraube und Mutter (Fig. 184 II).

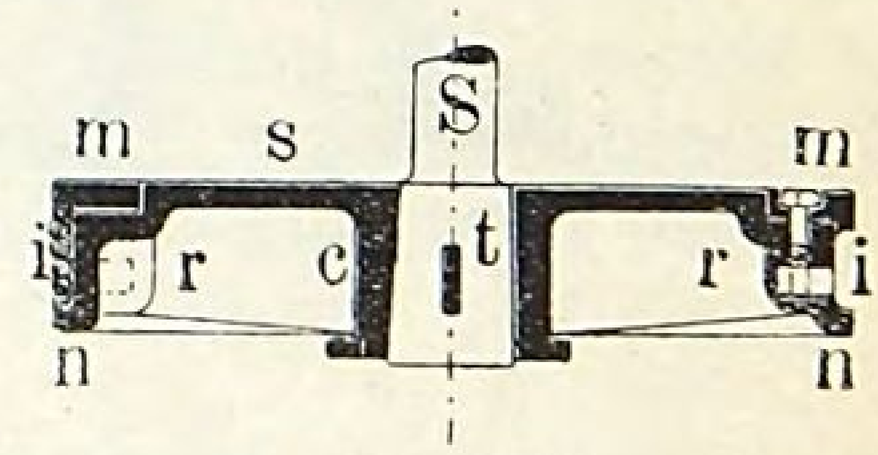


Fig. 183.

Die Liderung der Scheibenkolben wird dadurch hervorgebracht, dass man den Kranz mit einem Material umgiebt, welches sich so dicht an die Cylinderwand anlegt, dass der in demselben herrschende Druck die Flüssigkeit nicht durchpresst. — Ist der Kolbenkranz sehr hoch, so genügt häufig die sog. Labyrinthdichtung. Hierbei wird die äussere Kranzfläche mit einer Anzahl von herumlaufenden Rillen versehen, die sich mit der im Cylinder befindlichen Flüssigkeit füllen und gefüllt erhalten, indem diese, einmal eingetreten, in den Rillen einen Widerstand findet, der den Austritt aus denselben in solchem Maasse hindert, dass die Flüssigkeit als Dichtungsmaterial wirkt.

Die Wahl des Materials für die Liderung richtet sich nach der im Cylinder vorhandenen Flüssigkeit und Temperatur. Man beschränkt sich indessen in fast allen Fällen auf Hanf, Leder, Kautschuk, Holz und Metall.

Die Hanfliderung, welche durch Umwickeln des Kolbenkranzes mit geflochtenen Zöpfen oder gedrehten Stricken aus Hanf gebildet wird, findet hauptsächlich Anwendung bei Pumpen für warme Flüssigkeiten (Wasser und Luft). Zur Aufnahme dieses Materials erhält der Kolben (Fig. 183) eine herumlaufende Rinne i i, die unten von einem festen Rande n n, oben von einem abnehmbaren Ring m m begrenzt wird, der mittels

Schrauben befestigt und angezogen, durch die keilförmige Gestaltung die Zöpfe heraus- und an die Cylinderwand anpresst.

Die Lederliderung erleidet insofern eine Beschränkung in der Verwendung, als das Leder sowohl bei Temperaturen über 40°, als in sauren, alkalischen und salzigen Flüssigkeiten schnell zu Grunde geht. Bei gewöhnlichen Wasserpumpen indessen bildet diese Liderung die Regel und zwar in folgenden Hauptformen. In der ersten Form Fig. 184, I u. II

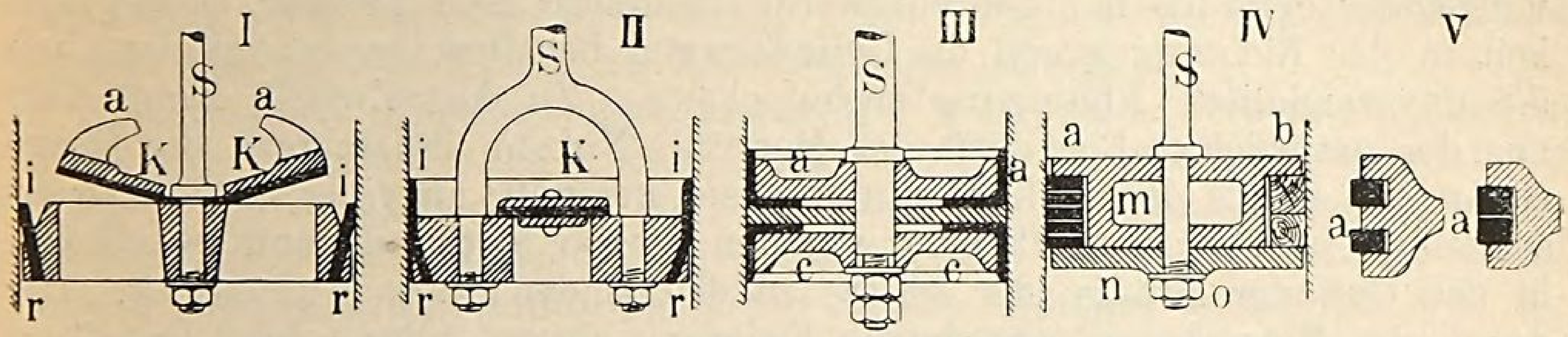


Fig. 184.

besitzt die Liderung i i die Form eines Kegelmantels (Stulp) aus Leder, der aus einem Stück gepresst oder aus einem nach einem Kreisringsegment ausgeschnittenen Lederstreifen hergestellt, um den kegelförmigen Kolbenkranz gelegt und mittels eines aufgetriebenen Ringes r, bei Holzkolben mittels Aufnagelns befestigt wird. Wie die Figur erkennen lässt, dichtet jedoch diese Stulpliderung nur nach der Bewegungsrichtung, in welcher der Flüssigkeitsdruck den Stulp gegen die Cylinderwand presst; in der entgegengesetzten Bewegung dagegen wird der Stulp von der Cylinderwand abgedrängt. — Die zweite Form (Fig. 184, III) zeigt die sog. Manschettenliderung, welche aus zwei gepressten Ledermanschetten a a und c c besteht, die zwischen den drei den Kolben bildenden und durch die Kolbenstange S vereinigten Platten festgehalten werden. Da die Manschetten nach beiden Seiten des Kolbens vorstehen, so dichten sie auch in beiden Bewegungsrichtungen. — Eine einzige Manschette kann selbstverständlich auch als Stulpliderung angesehen werden. — Eine dritte Form wird nach Fig. 184, IV aus Lederringen a hergestellt, die auf den mit einem Rand m versehenen Kolben geschoben und von der Platte n zusammengehalten werden, die ihre Befestigung von der Schraubenmutter o erhält, welche zugleich sämtliche Teile mit der Kolbenstange S verbindet. Da bei dieser Liderung die Lederringe unabänderlich festliegen, so ist ihre Dichtung keine dauernde und die Liderung selbst nicht empfehlenswert. — Die verhältnismässig selten gebrauchten Kautschukliderungen erhalten die für Lederliderungen bezeichneten Formen. — Die Holzliderung, welche für Warmwasserpumpen in Aufnahme gekommen ist, hat zur Grundlage kranzsegmentartige Holzstücke, die im Kreise zwischen den Kolbenplatten (Fig. 184, IV b) eingeklemmt sind. Ringe von Kautschuk oder Stahlfedern, die zwischen dem Kolbenkörper und den Holzklötzen liegen, pressen die letzteren gegen die Cylinderwand.

Die Metallliderung ist die wichtigste und verbreitetste, weil sie sich für alle Zwecke der Kolben eignet und überall unersetzbar erweist, wo höhere Temperaturen im Cylinder herrschen, also in Dampfcylindern, Heissluftgebläsen, Gasmotoren u. s. w. Ausserdem ist man in der Lage, in jedem einzelnen Falle aus den zahlreichen Metallen und Legierungen ein Material

auswählen zu können, welches von der damit in Berührung kommenden Flüssigkeit am wenigsten angegriffen wird. Man benutzt in der Regel Gusseisen, Stahl, Bronze, Rot- und Weissguss.

Die Konstruktion der Metalldichtung beruht auf der Anwendung von Ringen a (Fig. 184, V) welche gegen die innere Cylinderwand sich anpressen und in Nuten liegen, die um den Kolben herumlaufen. Damit dieselben eine genügende Dichtung auf längere Dauer hervorrufen können, müssen sie nicht nur genau passend die Nuten ausfüllen und äusserlich vollständig cylindrisch abgedreht werden, sondern eine gewisse Beweglichkeit in der Richtung gegen die Cylinderwand behalten, um ununterbrochen die unvermeidliche Abnutzung auszugleichen. Zu dem Zwecke zieht man aus der natürlichen Elastizität des Materials Nutzen, indem man die Ringe etwas grösser als den Cylinderdurchmesser herstellt, an einer Stelle durchschneidet, so dass sie aufklaffen, um den Kolben legt und dann gewaltsam in den Cylinder zwängt, der (S. 78) an den Enden etwas erweitert ist. Die durch das Einzwängen entstehende Federung sichert eine solche Dichtung an der Cylinderwand, dass diese (selbstdichtende Kolbenringe) in fast allen Fällen zur Abdichtung genügen. Um dabei zugleich einen entsprechenden Abschluss des durch das Aufklaffen entstehenden Kanals zu bewirken, wird entweder ein schräger Schnitt gewählt und beim Einbringen mehrerer Ringe darauf gesehen, dass diese Schnitte möglichst weit gegeneinander versetzt, oder (Fig. 185) eine Zunge b b eingelegt oder endlich

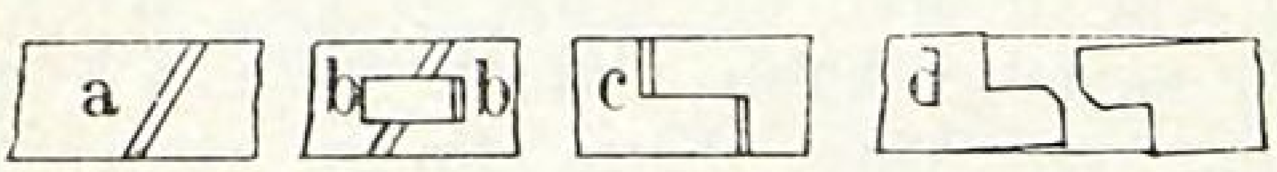


Fig. 185.

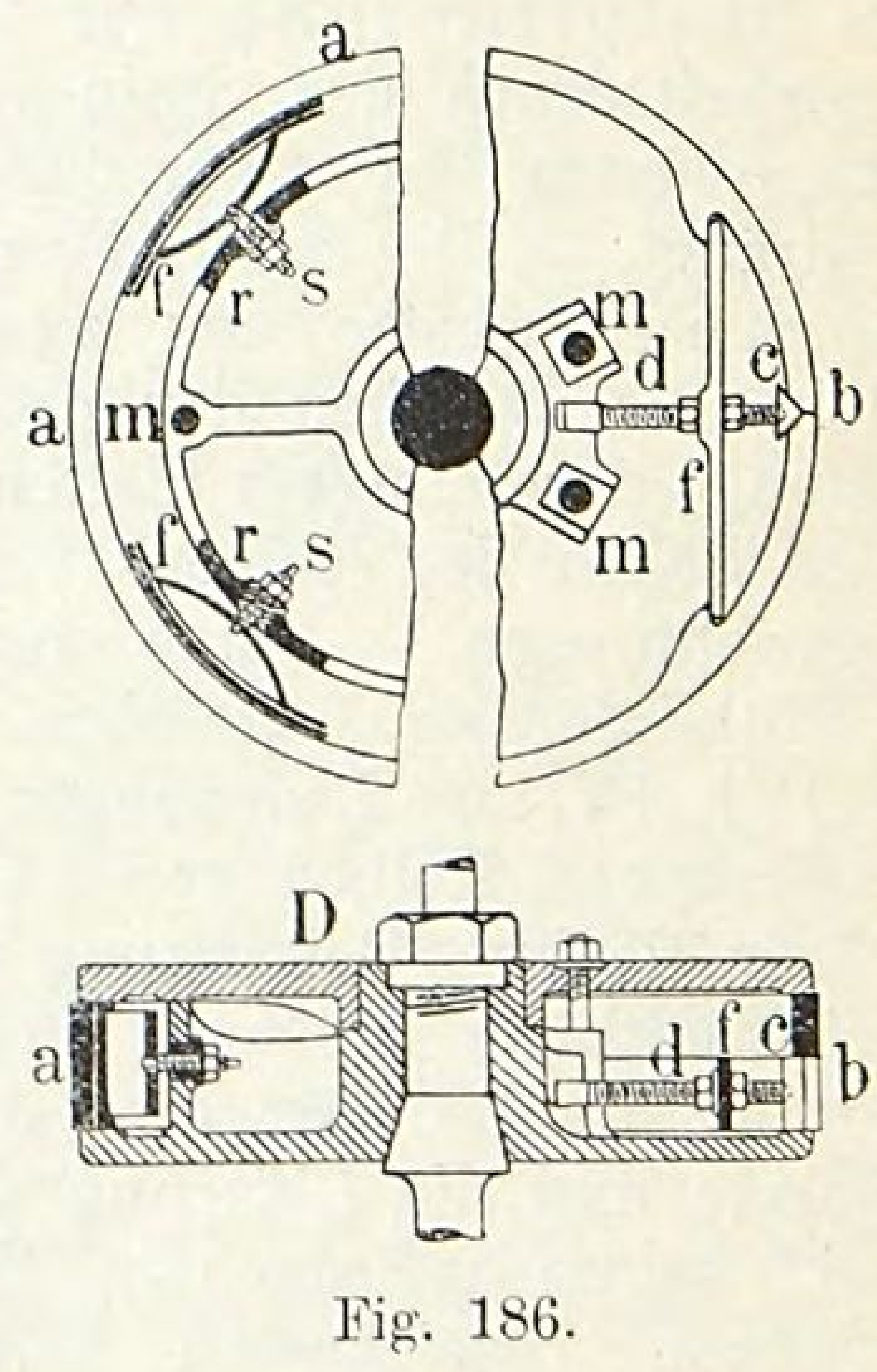


Fig. 186.

die in Fig. 186 c dargestellte Form der Ueberplattung gewählt und in diesem Falle dafür gesorgt, dass die beiden Blätter gegeneinander federn (Fig 186 d). — Die Ringdichtungen heissen freie Liderungen, wenn sie in keiner Weise mit dem Kolben fest verbunden sind. Ihre Ausführung ist verschieden insoferne, als die Zahl der Ringe zwischen 2 bis 5 wechselt und ihre Einbringung in eine oder mehrere Nuten (Kammern) erfolgt. Gewöhnlich finden sich jedoch die in Fig. 184 V gezeichneten Anordnungen. — Mitunter verwendet man statt zweier Ringe eine zweigängige Spirale in einer Nut. -- An grossen Ringen unterstützt man die federnde Wirkung

gewöhnlich noch durch weitere Vorrichtungen, unter welchen im Innern der Kolben angebrachte Spannfedern oder Keilstücke aus Messing oder Weissguss hervorzuheben sind, welche in die an den Ringen vorhandenen Spalten von innen her mittels Schrauben eingepresst werden und die Ringe auseinandertreiben, indem sie den Spalt zugleich schliessen. Zweckmässig ist eine Vereinigung solcher Keile mit den Spannfedern nach der in Fig. 186 dargestellten Anordnung. Man sieht in a a den eigentlichen Kolbenring mit dem Spalt b, bei c den in den Spalt eintretenden Keil mit der Druckschraube d, welche durch die Feder f geht, die sich mit den beiden Enden gegen angegossene Nasen des Liderungringes stemmt.

Den freien Ringliderungen stehen die tragenden gegenüber, welche neben der Dichtung noch den Zweck haben, den Kolben gegen die Cylinderwand zu stützen, also bei einer horizontalen Cylinderlage zu tragen, namentlich wenn der Kolben nur einseitig mit einer Kolbenstange ausgestattet ist. Zur Herbeiführung einer solchen Stützung bedarf es der Befestigung der Ringe mit dem Kolbenkörper, ohne dass die Ringe an ihrer freien Bewegung verhindert werden. In einfacher Weise erreicht man eine genügende Stützung, wenn man den Zwischenraum zwischen den Ringen und dem Kolbenkranz mit Hanfzöpfen ausfüllt, wodurch die sog. gemischte Liderung entsteht, welche demnach auch sehr häufig zur Anwendung gelangt. Da indess bei schweren Kolben und horizontalen Cylindern die Zöpfe ihre Elastizität verhältnismässig schnell einbüssen, so zieht man in solchen Fällen ein System von Federn vor, die an dem Kolbenkörper durch Schrauben befestigt oder gegen denselben gestützt und derart verteilt werden, dass eine gleichmässige Radialpressung erfolgt. Die Federn sind entweder blatt- oder spiralförmig (Fig. 121 B S. 73). Die Grundform, nach welcher die ersteren angeordnet werden, führt Fig. 186 vor Augen. Man erkennt hier in a a einen Dichtungsring, in f f die bogenförmigen Blattfedern und in s s die Schrauben, deren Mutter sich in einer konzentrisch verlaufenden Rippe r r befinden, welche zugleich zur Versteifung des Kolbens sowie zur Aufnahme der zur Befestigung des Deckels D notwendigen Schrauben in den Muttern m m dient. Die mit Gegenmuttern versehene Schraube presst vermittelst der zugleich zum Stützungsmittel gewordenen Feder die Ringe an den Cylinder und bewerkstelligt die erwähnte Verbindung unter der gleichzeitigen Möglichkeit einer genauen Ein- und Nachstellung.

Die durchbrochenen Kolben oder Ventilkolben sind je nach Anordnung der Verschlussorgane abweichend konstruirt. Oft ist nur eine Klappe K (Fig. 184 II) aus Leder oder Kautschuk vorhanden, die auf hölzernen Kolben durch Annageln befestigt sind. — Um grössere Durchgänge zu schaffen, kommen sämtliche Klappen- und Hubventilarten zur Anwendung. Hervorgehoben seien nur die Konstruktionen Fig. 184 I, mit zwei Klappen K K von Halbkreisform, welche in der Mitte von einem Bunde der Kolbenstange festgehalten werden und mit Anschlägen a a versehen sind, die an die Kolbenstange treten und den Hub begrenzen; ferner die Anordnung Fig. 187 mit dem Tellerventil v. Hier besteht der Kolbenstock aus dem Kranze k k mit der Nabe c c zur Aufnahme der Kolbenstange S und einem herumlaufenden Rande r r für die Hanfliderung. Ausserdem ist noch sein Liderungsverschlussring u u vorhanden, der an einem Bügel B befetigt ist, welcher sich längs der Kolbenstange S verschieben lässt, so dass mit

Hilfe der Schraubenmutter m die Packung angepresst oder gelockert werden kann. Das Ventil v gleitet mit der Nabe ebenfalls an der Ventilstange

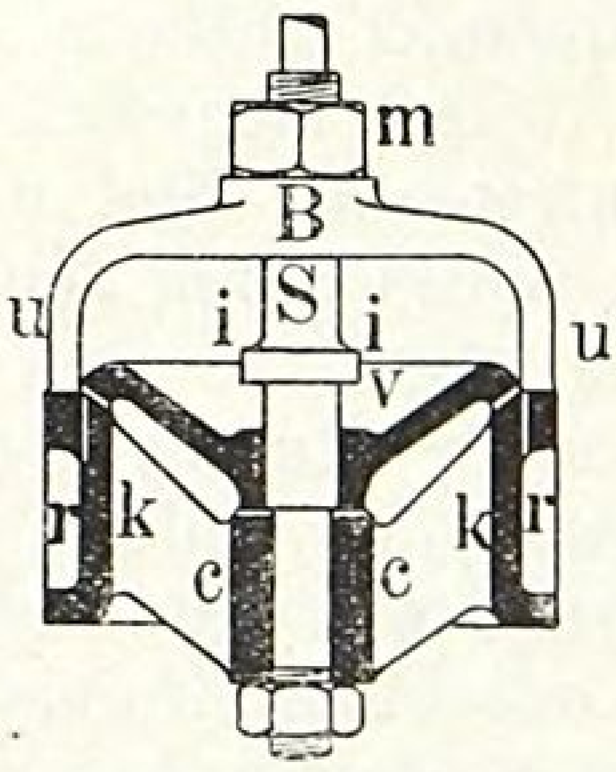


Fig. 187.

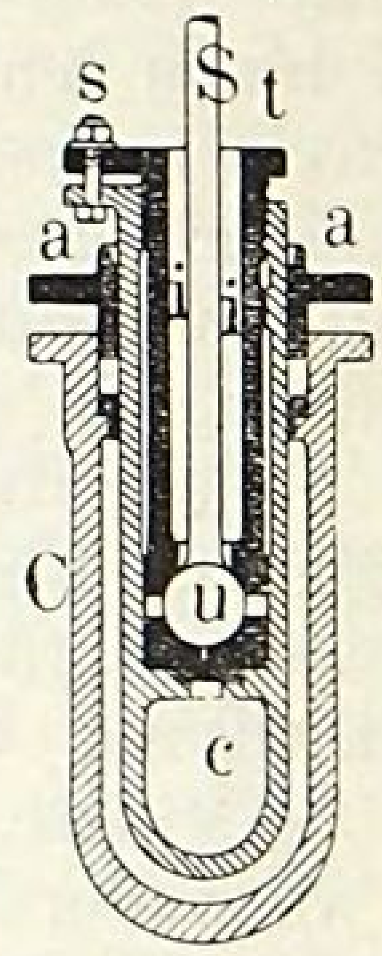


Fig. 188.

und findet seine Hubbegrenzung an dem Ringe i i. — In ganz ähnlicher Weise lassen sich die Ventile Fig. 139, 140, 143 an Kolben anbringen. Am häufigsten stehen jedoch für grosse Kolben Tellerventile und Doppelsitzventile in Anwendung.

B. Tauchkolben.

Die Tauchkolben bilden Cylinder c (Fig. 183 u. 188), welche sich innerhalb eines Cylinders C hin- und herbewegen, indem sie aus dem Hals a des letzteren heraustreten. Sie besitzen keine Liderung, sondern werden nur an der Austrittsstelle von einer Dichtung umschlossen, welche das Durchtreten der Flüssigkeit aus dem Cylinder verhindert. — Der Leichtigkeit halber sind die Tauchkolben von 100 *mm* Durchmesser an stets hohl und oft so dünnwandig, dass sie in horizontaler Lage auf dem Wasser schwimmen. Sehr grosse Kolben werden aus Blech angefertigt und erhalten ihrer geringen Wandstärke wegen im Innern Spannstangen, Spannringe und Versteifungsrippen. — Verschieden ist die Verbindung des Tauchkolbens mit der Kolbenstange. — Vielfach erhält (Fig. 182 S. 123) der Kolben c eine Oese O zur Aufnahme der gegabelten Kolbenstange nach Art der Kreuzköpfe Fig. 69 B S. 37. — Um eine lange Kolbenstange zu gewinnen, erfolgt sehr häufig die Verbindung der Stange im Innern des offenen Kolbens am Boden desselben, indem in dem letzteren eine Oese durch Schrauben befestigt wird, welche die gegabelte Stange aufnimmt. Da hierbei verhältnismässig leicht ein Lockern der Schrauben und Undichtigkeit entsteht, so empfiehlt sich besonders auch deshalb die Anordnung einer Kugelgelenkverbindung (Fig. 188), weil diese wegen ihrer Beweglichkeit auch ein Festklemmen des Kolbens viel weniger befürchten lässt. Dieselbe besteht aus einer in dem Hohlraum des Kolbens liegenden Platte mit Halbkugelvertiefung und einem Hohlcylinder i i, welcher über die Kolbenstange S auf die Kugel u geschoben und mit dem Kolben c entweder durch Flanschschrauben s oder ein Gewinde, wie bei t sichtbar, befestigt wird.

Zur Abdichtung dieses Kolbens dient gewöhnlich entweder die sog. Stulp-, oder Bramah-, oder Manschettendichtung (Fig. 182) oder die Stopfbüchsendichtung (Fig. 180).

Drittes Kapitel.

Flüssigkeitsstandszeiger.

Zu den wichtigen Ausrüstungsgegenständen der Haltungen gehören auch diejenigen Vorrichtungen, welche den Zweck haben, die Standhöhe von Flüssigkeiten zu erkennen zu geben und kurzweg Wasserstandszeiger auch dann genannt werden, wenn andere Flüssigkeiten (Alkohol, Petroleum, Glyzerin, Oel, Farbelösungen, Laugen u. s. w.) in betracht kommen. Ihre Mannigfaltigkeit ergiebt sich aus den zahlreichen verschiedenartigen Anwendungsformen, welche sich etwa folgendermaassen ableiten lassen.

In den meisten Fällen handelt es sich darum, den Flüssigkeitsstand in Vorratsbehältern zu kontroliren, entweder um den Verbrauch der Flüssigkeit zu erfahren, oder eine rechtzeitige Nachfüllung derselben zu bewerkstelligen, oder das Maass der Verdunstung festzustellen (Zuckerkochern). Vielfach genügt hierzu die Angabe des tiefsten Standes; oft jedoch ist dabei die Erkennung jeder Höhe, insbesondere auch die des höchsten Standes notwendig oder erwünscht, um den letzteren nicht zu überschreiten, z. B. zur Verhinderung des Ueberlaufens bei stetigem Zufluss. — Bei gewissen Anlagen z. B. in chemischen Fabriken ist es zweckdienlich, die Einrichtung derart zu treffen, dass man in der Lage ist, mit Hilfe der Wasserstandszeiger bestimmte Flüssigkeitsmengen abzulassen beziehungsweise abzumessen.

Von ganz hervorragender Bedeutung ist die Erhaltung eines bestimmten Wasserstandes in Dampferzeugern und Kochgefässen. Hier steht die Thatsache fest, dass, wenn der Wasserstand bis zu dem Punkte sinkt, an welchem die Kesselwand der direkten Einwirkung des Feuers ausgesetzt wird, leicht ein Glühen des Kesselmaterials und dadurch eine solche Verminderung der Widerstandsfähigkeit eintritt, dass infolge des Dampfdruckes ein Bersten des Kessels mit einer Heftigkeit (Explosion) stattfindet, welche die grössten Gefahren für die Umgebung in sich schliesst. — Aus diesem Grunde ist dafür Sorge zu tragen, dass der Wasserstand in diesen Apparaten niemals diesen niedrigen Stand erreicht, und erklärlich, warum den Wasserstandszeigern an Dampfkesseln eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet wird. Vor allem steht damit auch eine Entwicklung jener Apparate in Verbindung, welche die Bestimmung haben, auf weitere und weite Entfernungen Signale zu geben, welche bei Eintritt einer drohenden Gefahr auf diese frühzeitig aufmerksam machen, um ihr vorzubeugen.

Im allgemeinen beruht die Anordnung und Einrichtung der Wasserstandszeiger auf folgenden Mitteln:

1. Man bringt in verschiedenen Höhen der Flüssigkeitsbehälter leicht verschliessbare Oeffnungen an und erkennt die Standhöhe der Flüssigkeit an dem Auslaufen derselben.

2. Man beobachtet die Standhöhe durch durchsichtige Gläser unmittelbar.

3. Man verwendet Schwimmer, die sich mit der Flüssigkeit heben und senken und durch ihre in passender Weise erkennbar gemachte Höhenlage den Stand der Flüssigkeit angeben.

4. Man bringt an geeigneten Stellen leichtflüssige Metalle an, die zum Schmelzen kommen, wenn diese Stellen von der Flüssigkeit nicht mehr gegen das Vordringen höherer Temperaturen geschützt werden.

I. Probirhähne.

Das erste Mittel führt auf die Anbringung der sog. Probirhähne, welche je nach Bedürfnis in mehr oder weniger grösserer Zahl übereinander in der Gefässwand befestigt werden. In der Regel genügen 3, z. B. an der Stirnfläche von Dampfkesseln, wo der untere Hahn stets Wasser, der obere stets Dampf auslassen soll, während der mittlere entweder allein Dampf oder allein Wasser oder Dampf mit Wasser gemischt ausströmen lässt, je nach dem Stande des Wassers im Kessel. Es ist auch deshalb ratsam, an Dampferzeugern mehrere Probirhähne über einander anzuordnen, damit man in zweifelhaften Fällen einen Dampfstrahl mit einem Wasserstrahl direkt vergleichen und sich damit vor Täuschung schützen kann. — Bezüglich der Konstruktion der Probirhähne ist zu bemerken, dass sich dieselben von gewöhnlichen Hähnen mit krummem Auslauf oder hohlem Küken nicht unterscheiden, dass sie jedoch mit einer durchgehenden, mit einer Schraube verschliessbaren Oeffnung versehen sein sollen, welche ein Reinigen mit Hilfe eines Durchstosstiftes gestattet. — In neuerer Zeit finden übrigens statt der Probirhähne die S. 100 Fig. 138 dargestellten Probirventile immer mehr Aufnahme. — Seltener stehen Schraubventile d. h. Kegelventile an Schraubenspindeln, oder Ventile in Gebrauch, die, wie die Lüftungsventile S. 106 durch die Flüssigkeitspressung geschlossen, von aussen her durch einen Druck auf die Ventilspindel geöffnet werden.

II. Flüssigkeitsstandsgläser.

Das zweite Mittel, welches die unmittelbare Beobachtung des Flüssigkeitsstandes gestattet, hat aus diesem Grunde die ausgedehnteste Anwendung durch Anbringung sog. Wasserstandsgläser gefunden. In einfachster Form und Ausführung bestehen die letzteren aus Glastafeln, welche in passender Länge und einer freien Breite von 3 bis 5 *cm* in Falze gelegt und befestigt sind, die den Rand der betreffenden Oeffnungen in der Gefässwand bilden. In seltenen Fällen, wenn die Flüssigkeit keine heftigen Bewegungen erleidet und nur geringer Druck gegen die Glasplatte wirkt, ist ein einfaches Einkitten ausreichend; in der Regel ist es geraten, die Glastafel mit Anwendung von Dichtungsmitteln (S. 85) zwischen zwei Rahmen (aus Rotguss) zu legen und diese mittels Schrauben vor der betreffenden Oeffnung zu befestigen. Diese einfache Anbringung der sog. Schaugläser leidet an der Unvollkommenheit, dass bei einem etwaigen Bruche der Glastafel das Ausströmen der Flüssigkeit nicht rasch genug unterdrückt werden kann, was namentlich bei Kochapparaten, Dampferzeugern mit Dampfdruck etc. die Anwendung ausschliesst. Um jedoch aus dem Vorteil der grossen Uebersichtlichkeit solcher Gläser nach Möglichkeit auch bei Dampfkesseln etc. Nutzen zu ziehen, hat man die Glasplatte in einem besonderen Gehäuse vor der Gefässwand angebracht und eine Anordnung getroffen, welche zur Vermeidung einer Ausströmung einen raschen Abschluss von dem Gefässinhalt herstellen lässt. Daraus ist das in Fig. 189 gezeichnete Wasserstandsglas (Ochwadt) hervorgegangen, welches als überaus zweckmässig bezeichnet werden muss. Das Gehäuse H trägt eine mittels Rahmen r und Schrauben festgehaltene und durch Kautschuk abgedichtete Platte a aus Hartglas. Hinter dieser Platte befindet sich die kleine Kammer c, welche an ihrer Rückseite zur Beleuchtung mit zwei

blanken Platinstreifen belegt ist. Von dieser Kammer geht ein 5 *mm* breiter und 150 *mm* hoher Schlitz aus, der also 5 $\times$ 15 = 75 *qcm* Querschnitt hat, sich bei c auf 50 *mm* erweitert, und damit die in der Gefässwand vorhandene rechteckige Oeffnung deckt. Zwischen den Kammern a und b ist ein Hahn h angebracht, dessen Durchgangsöffnung mit dem Schlitz übereinstimmt, so dass eine sehr kleine Drehung desselben mittels des Handgriffs K den Schlitz und damit den Gefässinhalt abschliesst. Die Kammer c verlängert sich nach unten mit einem Hahngehäuse, welches einen Hahn enthält, dessen Schlitz die Weite der Kammer besitzt und daher bei Offenstellung und Schluss des Hahnes h ein Reinigen der Glasplatte mittels einer Bürste, bei gleichzeitiger Offenstellung des Hahnes h ein kräftiges Ausblasen der Kammern etc. gestattet. Der Haupthahn h ist oben mit einer Stopfbüchse abgedichtet und kann, wenn er schwer geht, durch die Schraube s etwas gehoben werden. Man benutzt zugleich das Gehäuse zur Anbringung der Probirhähne q und p, welche durch Kammer b mit dem Dampf- beziehungsweise Wasserraum des Dampfkessels etc. in Verbindung stehen. Die Befestigung des ganzen Apparates an der durch die aufgenietete Platte u u verstärkten Gefässwand B geht zur Genüge aus der Zeichnung hervor. — Statt eines einzigen Haupthahnes h sind neuerdings zwei Hähne übereinander in Anwendung gekommen, die einzeln für sich oder gemeinschaftlich zu drehen sind und den Vorteil bieten, dass man nach Belieben mit Wasser oder Dampf abblasen kann, um die Schlammablagerungen zu beseitigen.

Obwohl die Schaugläser namentlich in der durch Fig. 189 dargestellten Anordnung unleugbar den grossen Vorzug besitzen, dass der Stand am Glase mit dem im Behälter übereinstimmt und sehr sicher erkannt werden kann, so sind doch die Wasserstandsgläser, welche auf dem Prinzip der kommunizirenden Röhren beruhen und aus cylindrischen Glasröhren bestehen, die unten mit dem Flüssigkeitsraum und oben mit dem Luft- oder Dampfraum in Verbindung stehen, die gebräuchlichsten. Ihre allgemeine Anordnung geht aus Fig. 190 hervor. Das Glasrohr A ist mit jedem Ende in einem sog. Hahnkopf B und C befestigt und mit deren rohrartiger Verlängerung D und E an das Innere des Behälters angeschlossen, so dass dessen Inhalt frei in das Rohr A eintreten kann. Die gehörige Abdichtung der Gläser erfolgt mit Stopfbüchsen, deren Packung wegen der Zerbrechlichkeit des Glases aus nachgiebigem Material (Hanf mit Mennigkitt, Asbestschnur, Kautschuk, namentlich in der Form eines Stulpes, S. 121) bestehen

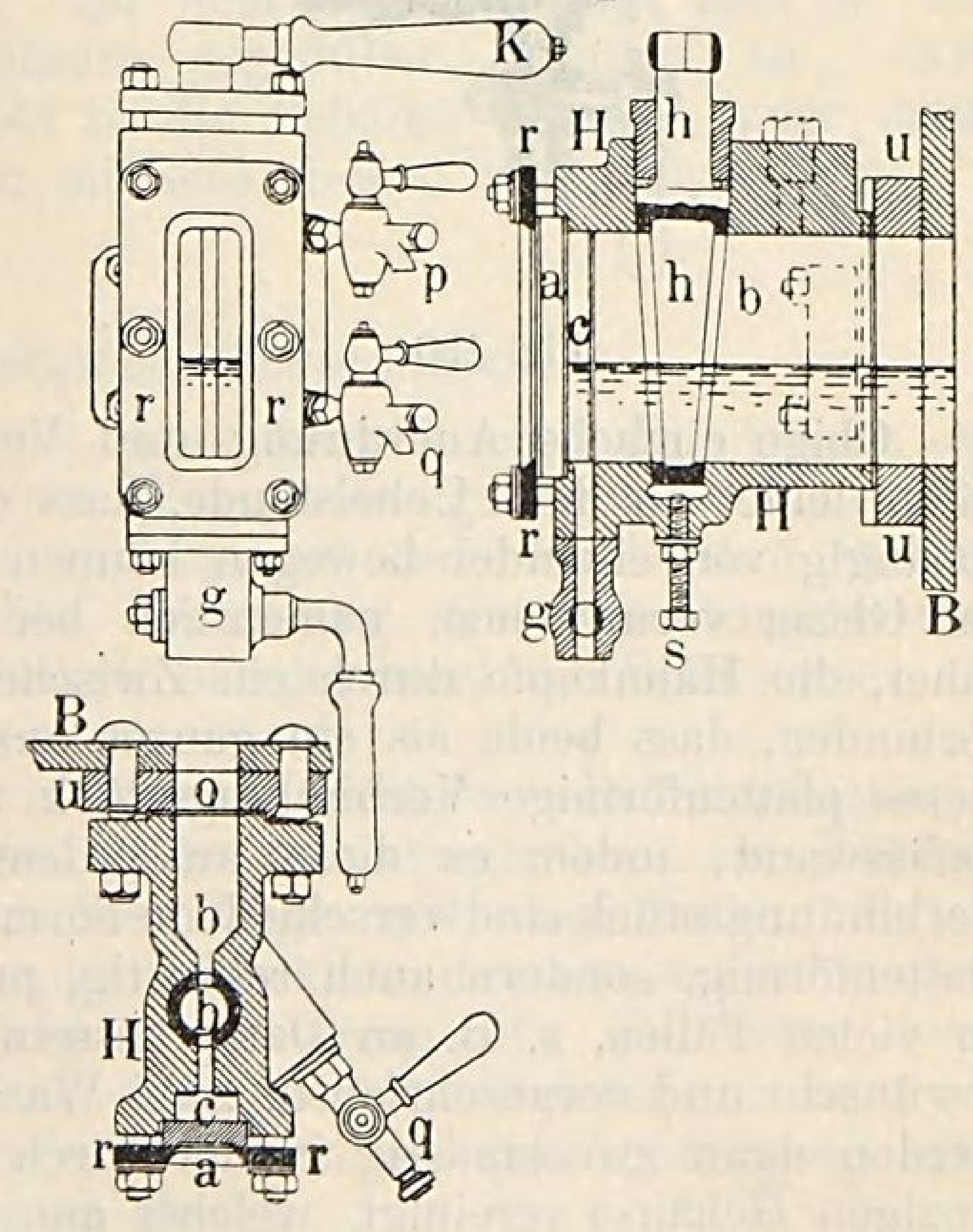


Fig. 189.

soll. Zur Aufhebung der Verbindung mit dem Gefässinneren dienen die Hähne a und b, und um sowohl die Kanäle in D und E als auch das Glasrohr reinigen zu können, sind bei c, d und e Verschlusschrauben angebracht. Endlich befindet sich bei h ein Hahn zum Abblasen. Die Betriebssicherheit fordert vor allem einen guten Verschluss und einen leichten Gang der Hähne, weshalb diese, wie bei h zu erkennen ist, zweckmässig einen Hohlraum zur Aufnahme von Schmiermaterial erhalten (Schäffer und Budenberg), welches das sog. Festbrennen verhindern soll.

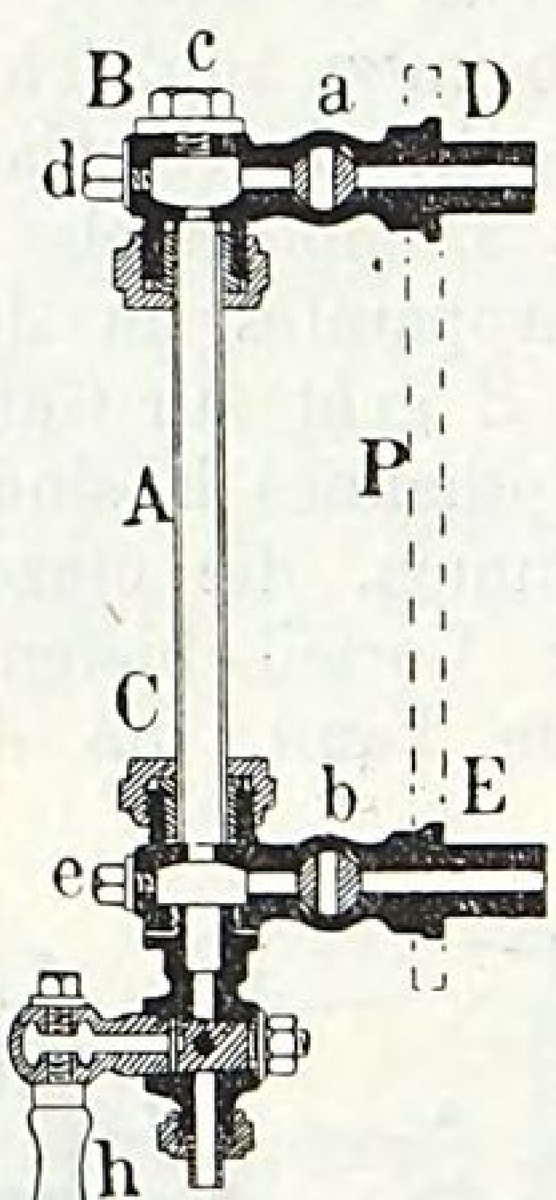


Fig. 190.

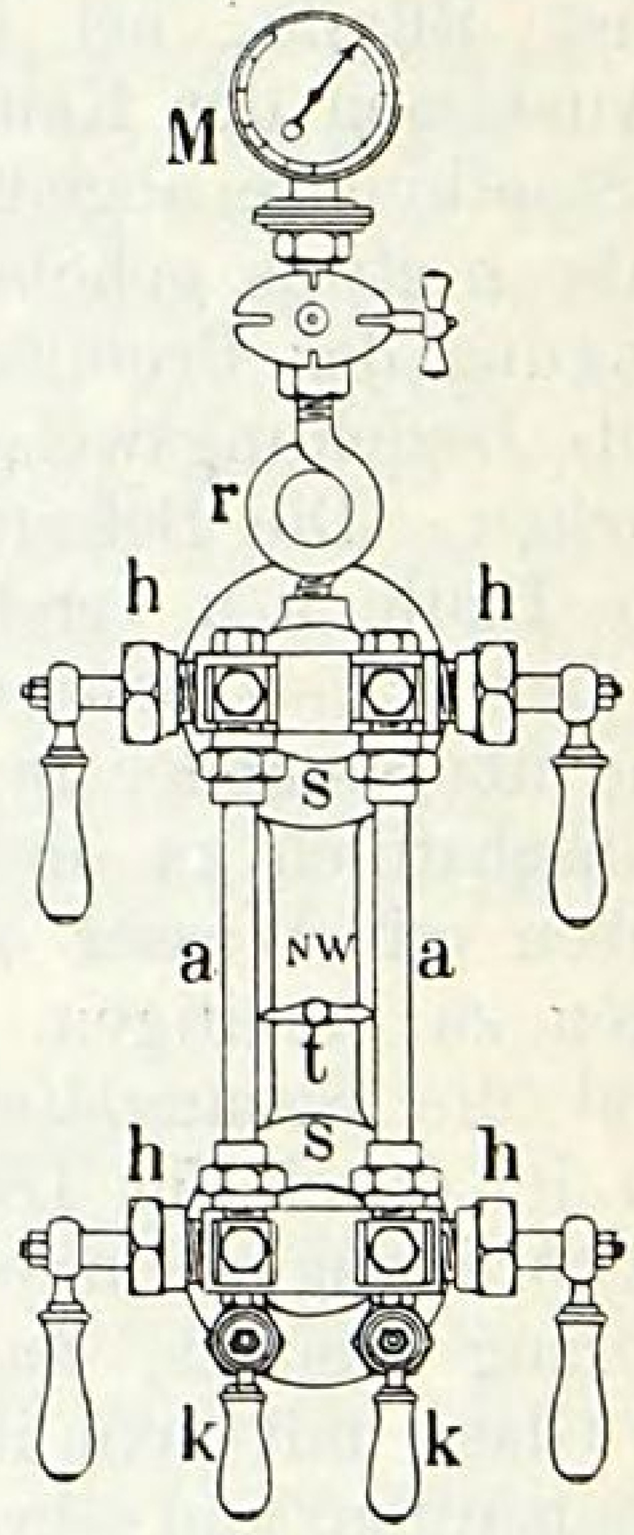


Fig. 191.

Obige einfache Anordnung und Verbindung mit dem Flüssigkeitsbehälter leidet an dem Uebelstande, dass die Hahnköpfe B und C sich unabhängig von einander bewegen können und daher einen häufigen Bruch der Gläser verursachen, namentlich bei Dampfkesseln. Es empfiehlt sich daher, die Hahnköpfe durch ein Zwischenstück P mit einander derart zu verbinden, dass beide als ein ganzes anzusehen sind. Zugleich eignet sich dieses plattenförmige Verbindungsstück vorzüglich zur Befestigung mit der Gefässwand, indem es diese ausserdem versteift. — Durch ein solches Verbindungsstück sind verschiedene Formen entstanden, da dasselbe nicht nur plattenförmig, sondern auch rohrartig, prismatisch u. dergl. hergestellt wird. In vielen Fällen, z. B. an Dampfkesseln, ist es der Zuverlässlichkeit wegen erwünscht und vorgeschrieben, zwei Wasserstandsgläser anzubringen. Diese werden dann zweckmässig in der durch Fig. 191 erläuterten Weise in einem einzigen Gehäuse vereinigt, welches aus zwei Köpfen s, s mit Verbindungsstück t besteht, wovon jeder Kopf eine für sich bestehende Verbindung mit dem Kessel hat und die Gläserenden aufnimmt (Doppelwasserstandszeiger). In der Regel vereinigt man dann mit einem solchen Gläserträger noch Probirhähne k k, die zugleich als Reinigungshähne dienen, sowie Absperrhähne h, h, h, h. — Bei dieser Anordnung ist es vorteilhaft, sämtliche Teile an einem gemeinschaftlichen Hohlkörper zu vereinigen, der durch zwei entsprechende, mindestens je 60 *qcm* grosse

Oeffnungen mit dem Dampf- und Wasserraum in Verbindung steht. — Zur Erkennung des zulässig tiefsten Wasserstandes in Dampferzeugern, Kochern u. dergl. sollte die Anbringung einer Marke in der Gestalt eines Pfeiles mit der Bezeichnung NW = niedrigster Wasserstand oder dergleichen nie versäumt werden. — Stehen die Wasserstandsgläser unter Druck (Dampfkessel), so ist es geraten, dieselben mit Schutzvorrichtungen zu umgeben, welche den Zweck haben, die Arbeiter beim Zerspringen der Gläser vor umherfliegenden Splittern, sowie möglichst vor dem Verbrühen und Bespritzen zu schützen. Diese Vorrichtungen bestehen gewöhnlich aus geschlitzten Messingröhren oder Röhren aus Hartglas oder aus Glasplatten in Rahmen. Den Vorzug verdienen die Schutzvorrichtungen aus Glasröhren, welche nach der Kesselwand zu etwa um $^1/_4$ des Umfangs offen sind, weil sie das Wasserstandsglas nach allen Seiten sichtbar machen, sowie die Zugluft, die häufigste Ursache des Zerspringens, abhalten und beim Zerbrechen Wasser- und Dampfstrom nach der Kesselseite ablenken. — Um die Abschlusshähne (Fig. 190, a, b) gleichzeitig schliessen zu können, verbindet man die Handgriffe mittels einer Stange und diese wohl noch nach Art eines Glockenzuges mit einem Draht, um den Schluss auch von entfernterem Orte zu bewerkstelligen.

In manchen Fällen dienen die Schaugläser nicht nur zur Bestimmung des Flüssigkeitstandes, sondern vorwiegend zur Beobachtung der Vorgänge in den Behältern. Es ist dann zweckmässig und gebräuchlich, in den Behältern eine Beleuchtung zu ermöglichen, welche diese Beobachtungen mit Sicherheit anzustellen gestattet. Zu dem Zwecke bringt man in denselben, den eigentlichen Schaugläsern gegenüber, Fenster an, durch welche Tages- oder künstliches Licht in die Behälter gelangt, oder stattet neuerdings das Innere der letzteren mit elektrischen Glühlampen aus.

III. *Flüssigkeitsstandsschwimmer.*

Solche Schwimmer sind linsen- oder kugelförmige Hohlkörper aus Eisen- oder Kupferblech, welche vom Wasser etc. getragen werden, sich demnach mit der Flüssigkeit heben und senken und durch ihre Stellung den Flüssigkeitsstand markiren. Zur Erkennung dieser Stellung benutzt man sehr verschiedene Mittel, welchen entsprechend die Schwimmer eine grosse Mannigfaltigkeit aufweisen.

Befinden sich die Schwimmer in offenen Gefässen oder Behältern, so genügt ein an der oben aus dem Gefäss hervorragenden, zur Führung dienenden Schwimmerstange angebrachter Zeiger mit einer Skale, oder ein neben dem Behälter auf- und absteigender Zeigerklotz, der mit dem Schwimmer durch eine über Rollen geführte Schnur verbunden ist, die leicht derart geleitet werden kann, dass der Klotz sich mit dem Schwimmer hebt und senkt. — Diese einfache Anordnung gestattet auch die Anbringung eines Drehzeigers selbst an weit abliegenden Stellen.

Sind die Behälter dagegen geschlossen, so erfolgt die Erkennung des Schwimmerstandes entweder dadurch, dass die Schwimmerbewegung mit einem ausserhalb des Behälters vorhandenen Zeigerwerke vermittelst fester Körper verbunden wird, oder einen Magneten an der Aussenfläche auf- und abbewegt, oder durch elektrischen Kontakt wirkt, oder direkt und indirekt eine Pfeife zum Tönen bringt.

Die erste Art wird in der Regel in der Weise ausgeführt, dass man den Schwimmer mit einer durch die Gefässwand gehenden kurzen Welle mittels eines Hebels verbindet, so dass sich diese Welle infolge der Schwimmerbewegung dreht und dadurch einen passend angebrachten Zeiger an einer Skale zum Spielen bringt (Drehschwimmer). Fig. 192 führt eine höchst zweckmässige Anlage dieser Art vor Augen. Der Schwimmer S ist durch die Stange a mit dem Führungsparallelogramm b c d e verbunden, dessen Drehzapfen c nach aussen tritt und ausserhalb des Gefässes den Zeiger z trägt, welcher an dem Teilbogen z y den Wasserstand angiebt. — Nach einer anderen Anordnung hängt der Schwimmer direkt an einer durch die Stirnwand des Kessels gehenden auswärts mit Zeiger versehenen Welle.

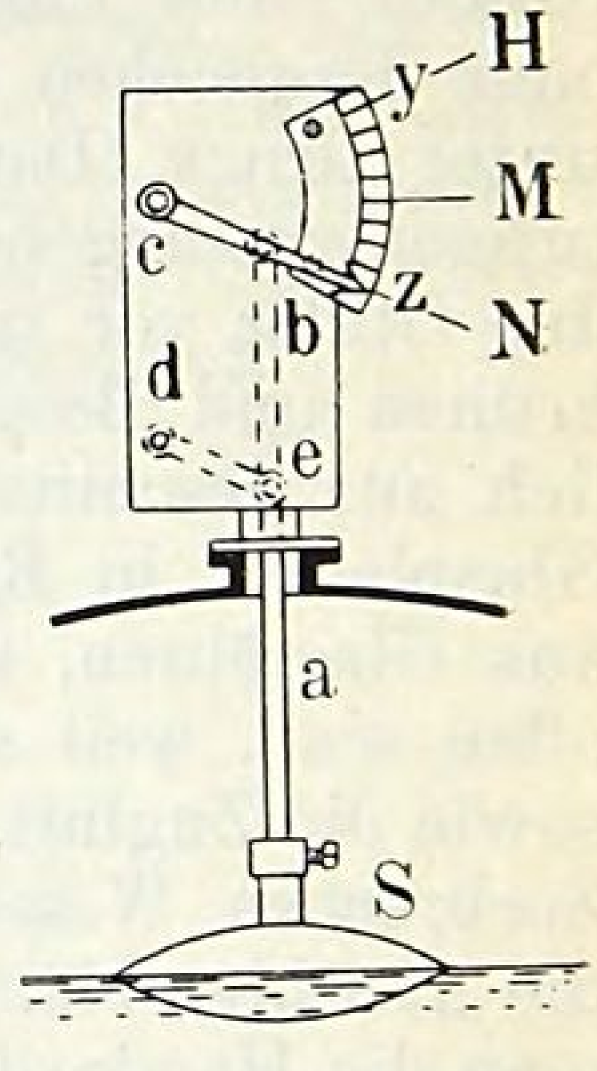


Fig. 192.

Diejenigen Schwimmer, welche durch Hebel oder Wellen mit Zeigern in Verbindung stehen, büssen durch Absetzen von Kesselstein u. dergl. an den übertragenden Teilen meistens so erheblich an freier Beweglichkeit und Zuverlässigkeit ein, dass man gewöhnlich bei Dampfkesseln auf die Anbringung von Schwimmern als allgemeine Wasserstandszeiger verzichtet und sie nur benutzt, um den tiefsten und höchsten Wasserstand zu signalisiren. — Andererseits hat man die genannten Mängel in dem magnetischen Schwimmer zu beseitigen gesucht. Bei einer Ausführung trägt die nur leicht geführte Schwimmerstange im Innern des Gefässes einen Magneten, dessen Pole an einer Platte sich auf- und abbewegen, die an der äusseren Seite mit Glas bedeckt ist, vor dem ein Eisencylinderchen, vom Magneten angezogen, der Schwimmerbewegung folgt.

Nach einer anderen Ausführung hängt der Schwimmer an einer Kette, die über eine im Gefässe angebrachte leicht bewegliche Kettenrolle geht und daher die Bewegung des Schwimmers auf diese überträgt. Mit der Kettenrolle ist ein Hufeisenmagnet in der Weise verbunden, dass die Rollenachse in der Mitte zwischen den Schenkeln liegt und diese sich daher unmittelbar vor der inneren Kesselwand mit der Rolle drehen, so dass die Pole Kreise beschreiben. Diesen Polen steht ein an der Aussenwand des Gefässes angebrachter eiserner Zeiger gegenüber, der, von den Polen angezogen, deren Bewegungen mitmacht, und auf einem Zifferblatte den Wasserstand sehr genau anzeigt. Bringt man an gewissen Stellen des Zifferblattes Anschlagstifte an, welche einen elektrischen Strom schliessen, wenn der Zeiger dieselben berührt, so lässt sich auf diese Weise bei einem bestimmten Wasserstande ein elektrisches Läutewerk zur Warnung in Thätigkeit setzen. — Da bekanntlich der Magnetismus in der Wärme sich verhältnismässig schnell verliert, so ist der magnetische Schwimmer auch nur dann brauchbar, wenn der Magnetismus sorgfältig und rechtzeitig erneuert wird.

Vielfach dahingegen finden Schwimmer Verwendung, welche mit Signalapparaten verbunden sind, die einen bestimmten Stand durch eine ertönende Pfeife oder ein elektrisches Läutewerk ankündigen. — Hierzu gehört der sog. Speiserufer an Dampfkesseln. In einfachster Ausführung besteht derselbe aus einer Dampfpfeife, die auf einem Rohre angebracht ist, das unmittelbar unter der Pfeife von einem Ventil (Kugelventil) durch den Auftrieb des Schwimmers geschlossen wird. Sobald das Wasser bis zu

einem gewissen Stande gesunken ist, öffnet sich das Ventil und lässt Dampf in die Pfeife eintreten, welche nunmehr ertönt. —

Wenn ein Schwimmer, wie allgemein üblich ist, in dem Dampfkessel hängt, so überzieht sich derselbe nicht nur allmählich mit Kesselstein und verändert dadurch sein Gewicht, sondern folgt auch den fortwährenden, mitunter sehr heftigen Bewegungen (Wallungen) des Wassers, so dass eine starke Abnutzung an den Gelenken und Zapfen der Schwimmer stattfindet. Aus diesen Gründen hat man auch Anordnungen getroffen, bei welchen der Schwimmer in gleicher Weise wie die Wasserstandsgläser sich in einem besonderen, vor oder neben dem Kessel angebrachten, mit dem Kesselinhalt am besten durch einen Schlitz verbundenen Hohlkörper befindet.

Eine empfehlenswerte Einrichtung eines solchen Schwimmers (Wulff) ist in Fig. 193 dargestellt. Vor dem Flüssigkeitsbehälter (Dampfkessel) befindet sich ein Hohlcylinder G, mit dem Behälter durch die zwei Köpfe a und b nach Art des Wasserstandszeigers Fig. 190 S. 131 derart verbunden, dass in dem Gefässe G der Flüssigkeitsstand mit demjenigen im Kessel stets in gleicher Höhe steht, ohne den Wallungen ausgesetzt zu sein. Im Standrohr G befindet sich ein frei beweglicher Schwimmer S leicht an einer Stange c c in der Deckplatte geführt. Diese Stange trägt zunächst am oberen Ende eine runde Scheibe, welche als Zeiger dient und sich in einem Glascylinder des cylinderförmigen Aufbaues B mit dem Schwimmer S auf- und abbewegt, so dass der Flüssigkeitsstand sich direkt an dem bei d angebrachten Einschnitt ablesen lässt. Zwischen dem Kopf b und dem Aufbau B ist eine runde, mit Gummiplatten isolirte, in der Mitte geteilte Metallplatte i i eingelegt, deren Hälften mit Polklemmen einer elektrischen Leitung versehen sind, welche bei Leitungsschluss ein Läutewerk in Thätigkeit setzt. Zur Hervorbringung dieses Schlusses dienen zwei auf der Schwimmerstange c sitzende Metallkegel, welche beim höchsten oder tiefsten Flüssigkeitsstande an kegeligen Senkungen zwischen die zwei Plattenhälften treten und diese dadurch in Kontakt bringen. — Da dieser Schwimmer direkt mit einem Zeiger nach Fig. 192 oder mit einem Magneten u. s. w. versehen werden kann, so ist derselbe in allen diesen Formen zur Anwendung fähig. Die Ausstattung des Gehäuses G mit Ablasshahn h, Probir- und Reinigungshähnen stimmt mit derjenigen des Gehäuses Fig. 191 überein.

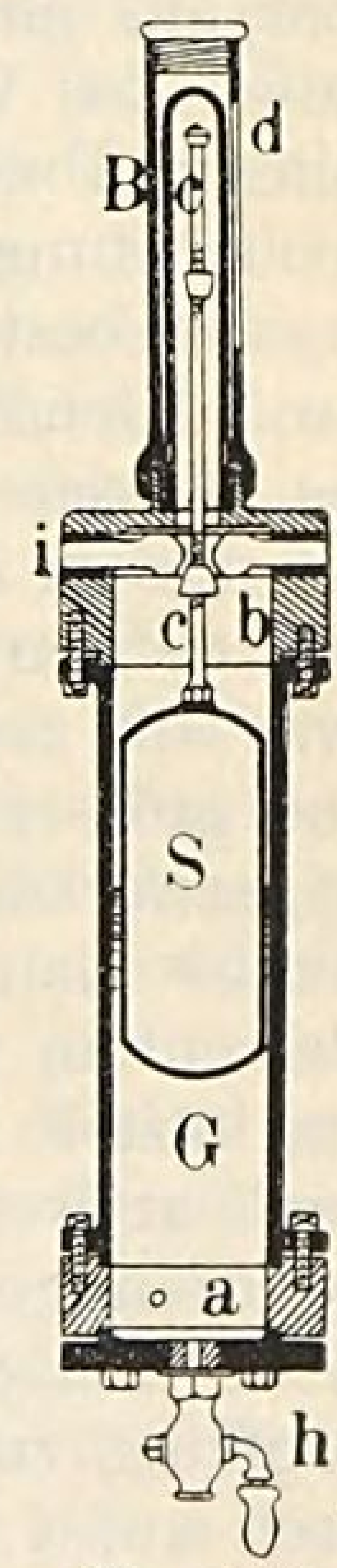


Fig. 193.

Bei zahlreichen Anlagen liegt das Bedürfnis vor, einen sich in gewissen Grenzen ändernden Wasserstand an entfernter Stelle zuverlässig und fortlaufend anzuzeigen und zwar in der Regel in Verbindung mit der besonderen Aufgabe, die Erreichung des höchsten und des niedrigsten Standes durch ein Weckersignal zu kennzeichnen. Ueberall wo entfernte Behälter mittels Pumpen gespeist werden, bei Wasserversorgungen für Städte, Fabriken, Bäder u. s. w. haben sich Vorrichtungen für den erwähnten Zweck als notwendig erwiesen und daher allgemein eingeführt. In einfachster Form kann eine solche Einrichtung aus einem Schwimmer gebildet werden, der mit einer Drahtleitung nach Art eines Klingelzuges in Verbindung steht und ein Zeigerwerk in Bewegung setzt, welches zugleich mit einem Wecker versehen ist, dessen Auslösung beim höchsten oder tiefsten Wasserstande durch den Zeiger selbst erfolgt. Doch können an derartigen Anordnungen auf Zuverlässigkeit nur dann Ansprüche erhoben

werden, wenn es sich um verhältnismässig geringe Entfernungen handelt, da längere Drahtleitungen, namentlich im Freien, nicht nur durch die Temperaturunterschiede ihre Länge ändern und besondere Ausgleichungen notwendig machen, sondern auch infolge des Schwankens fortwährend unrichtig zeigen. Aus diesen Gründen geniessen diejenigen Anzeige-Apparate allgemein den Vorzug, welche mit Hilfe des elektrischen Stromes einen Zeiger- und Weckerapparat in Thätigkeit bringen.

Der elektrische Wasserstandszeiger enthält demgemäss drei Teile: den Meldeapparat an dem Behälter, den Zeigerapparat an der Beobachtungsstelle und die Verbindung beider durch eine Leitung mit Elektrizitätserreger.

Der Meldeapparat ist zwar verschieden eingerichtet, dem Wesen nach aber aus einem Schwimmer hergestellt, der bei seiner dem Steigen und Fallen des Wassers folgenden Bewegung vermittelst einer Kette eine Kettenrolle in Drehung versetzt, die durch eine elektrische Uebertragung auf der Beobachtungsstelle eine synchronische Bewegung hervorruft. — Der Zeigerapparat besteht aus einem Mechanismus von solcher Anordnung, dass ein durch denselben sich drehender Zeiger je nach dem Steigen oder Fallen des Wassers eine entgegengesetzte Drehrichtung annimmt. In Verbindung mit diesem Zeigerapparat befindet sich ein Läutewerk, welches den höchsten und tiefsten Stand durch eine elektrische Klingel zur Anzeige bringt und zwar am zweckmässigsten unabhängig von dem Zeigerwerk, um dadurch eine grössere Zuverlässigkeit und zugleich eine Kontrolle für den Gang des Zeigerwerkes zu bekommen. — Als Erreger des elektrischen Stromes verwendet man gewöhnlich eine elektrische Ballon-Batterie aus einer Zahl von Elementen, welche von der Entfernung und der Art der Leitung abhängt. Die letztere kann eindrähtig oder zweidrähtig, oberirdisch oder unterirdisch angelegt werden. Der Einfachheit der Anlage entspricht gewöhnlich eine zweidrähtige oberirdische Leitung, welche bis 3 *km* Entfernung aus einem Eisendraht von 3 *mm* Dicke hergestellt wird, der an den Verbindungsstellen sorgfältig zu verlöten ist und zum Zwecke der Befestigung etwa 15 Isolatoren auf 1 *km* erfordert. Ausserdem ist sowohl beim Meldeapparat als beim Zeigerapparat für eine sichere, widerstandslose Erdverbindung Sorge zu tragen.

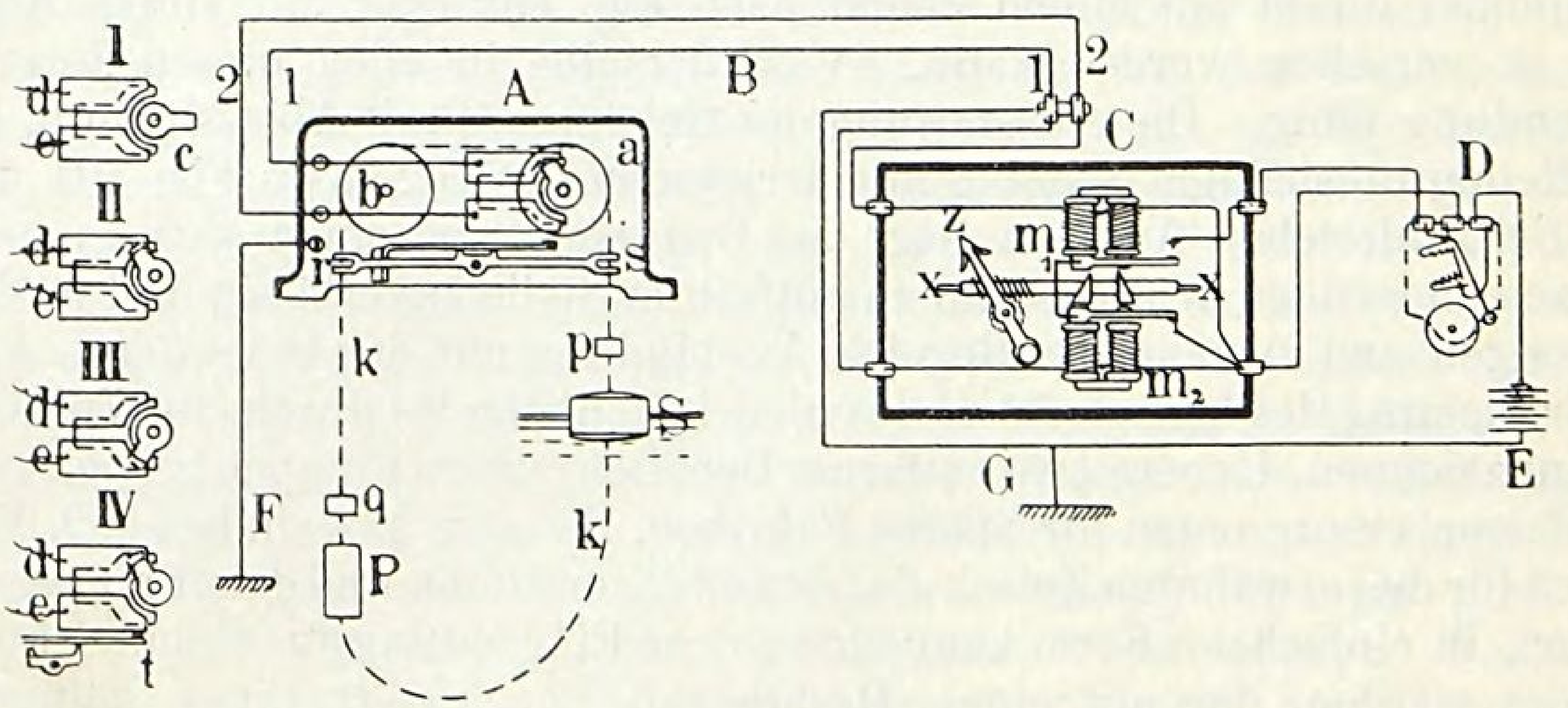


Fig. 194.

Eine bewährte und daher oft getroffene Anordnung eines elektrischen Wasserstandszeigers (S i e m e n s u. H a l s k e) ist in Fig. 194 vor Augen

geführt. Dieselbe ist zusammengesetzt aus dem Meldeapparat A, der zweidrähtigen Leitung B, dem Zeigerapparat C mit dem Wecker D, der Batterie E und den Erdverbindungen F und G. — Der Apparat A hat seinen Stand unmittelbar über dem Wasser und zwar über einer Stelle, an welcher möglichst wenig Strömung vorhanden ist oder über einem genügend weitem Rohre, in dem der Schwimmer S ruhig mit dem Wasser auf- und absteigt. Der Schwimmer S hängt an der Kette k k, welche über eine Kettenrolle a und eine Führungsrolle b geht und bei P ein den Schwimmer ausbalanzirendes Gewicht P trägt. Die vertikale Bewegung des Schwimmers teilt sich dem Kettenrade a mit, so dass dasselbe, jenachdem der Schwimmer steigt oder fällt, nach links oder rechts gedreht wird. Auf der Achse des Kettenrades befindet sich nun ein Isolirstück mit einem aus zwei gegeneinander federnden Teilen bestehenden Kontaktstück c, welches von der Achse des Rades a mitgenommen, infolge einer Federwirkung sich vorwärts und rückwärts sprungweise um $^1/_3$ Drehung bewegt. Diesem Kontakt gegenüber sind feste isolirte Stücke d, e angebracht, gegen welche der Kontakt c die 3 in der Nebenfigur dargestellten Stellungen I, II, III annimmt: Stellung I keine Stromverbindung, Stellung II Stromverbindung mit Leitung 1, Stellung III Stromverbindung mit Leitung 2. — In umgekehrter Drehrichtung erfolgt: Strom durch Leitung 2, dann Strom durch Leitung 1, dann Stellung I ohne Strom. Der Strom der Batterie E wirkt nun durch die Leitungen 1 oder 2 auf einen oder den anderen Elektromagneten m_1 oder m_2 in der Weise, dass bei der Stellung II der Magnet m_1, der Stellung III der Magnet m_2 und der Stellung I keiner derselben magnetisch wird. Zwischen den Magneten befindet sich eine mit einer Schnecke versehene Welle x x, welche in ein Schneckenrad an der Welle des Zeigers z eingreift und bei ihrer Drehung den Zeiger z bewegt. Zur Hervorbringung dieser Drehung befinden sich auf der Welle x x zwei den Magnetpolen gegenüberliegende, schräg abgeschnittene Cylinderstücke aus Eisen als Anker, welche infolge der einseitigen Masse und eines durchgeleiteten Stromes von einem Magneten angezogen, in Drehung mit der Achse x x gelangen und zwar so lange, bis die Masse dem Pole am nächsten ist. Indem diese Masse bald von dem einen bald von dem anderen der beiden Elektromagnete angezogen wird und bei gänzlicher Stromunterbrechung infolge ihres Gewichtes in die untere Stellung fällt, dreht sich dieselbe mit der Welle x x in dem einen oder in dem anderen Sinne je nach der Reihenfolge in der die oben bezeichneten elektrischen Zustände der Leitung auftreten, d. h. jenachdem der Wasserspiegel steigt oder fällt, woraus folgt, dass auch der Zeiger eine entsprechende Links- oder Rechtsbewegung macht.

Neben dem Zeigerapparat C ist ein Wecker D angebracht, welcher den höchsten und tiefsten Wasserstand durch Läuten zur Anzeige bringt und unabhängig von dem Zeigerwerk direkt von dem Schwimmer in Wirksamkeit tritt. Zu dem Zwecke befinden sich an der Kette k k zwei Knaggen p, q aufgeklemmt und zwar an solcher Stelle, dass beim höchsten Stande p, beim niedrigsten q gegen den im Meldeapparat A angebrachten schwebenden Hebel r s stösst, der mit beiden Enden die Kette gabelförmig umfasst. Ueber diesem Hebel liegt eine Schiene, welche gegen zwei kleine Vorsprünge des Hebels federt, so dass sie bei der Drehung des letzteren gehoben wird und sich, wie die Stellung IV erkennen lässt, mit dem Kopf t gegen das Stück e lehnt. Indem nun die Stellung der Knaggen auf der

Kette so gewählt wird (nach einer auf dem Kettenrade angebrachten Marke), dass beim Anstossen derselben der Kontakt die bei IV gezeichnete Lage hat, werden beide Leitungen mit Strom versehen und dadurch der eingeschaltete elektromagnetische Wecker D zum Läuten gebracht, das solange anhält, als der äusserst zulässige Wasserstand dauert.

Diese Wasserstandszeiger sind gewöhnlich auf einen Wasserstandsunterschied von 6,6 *m* eingerichtet und zwar in der Weise, dass der Wasserstand auf dem Zifferblatte des Zeigers eine Zu- und Abnahme von 5 zu 5 *cm* anzeigt. — Zur Vermeidung von seitlichen Bewegungen des Schwimmers ist es anzuraten, den etwa 20 *cm* im Durchmesser haltenden Schwimmer mit einem etwa 30 *cm* weiten Standrohr zu umgeben, das auch ausserhalb des Behälters nur mit diesem kommunizirend angebracht werden kann.

IV. Flüssigkeitsstandzeiger mit Schmelzpfropfen.

Sehr viel in Gebrauch stehen diejenigen Wasserstandsapparate, bei welchen infolge des Schmelzens leicht schmelzbarer Metallegirungen ein bestimmter Wasserstand, gewöhnlich der zulässig niedrigste, durch ein hörbares Signal (Pfeife oder Glocke) gemeldet wird (Melder, Warner, Lärmapparat). Dieselben beruhen auf dem Grundgedanken, dass eine bei der Temperatur des in einem Dampferzeuger vorhandenen gespannten Dampfes schmelzbare Metallmischung so lange nicht zum Schmelzen kommt, als sie nur mit dem Kesselwasser in Berührung bleibt, aber sofort abschmilzt, wenn sie einem Dampfstrome ausgesetzt wird. Zu dem Zwecke sitzt ein Pfropfen oder eine Scheibe aus einer passenden Legirung in dem oberen Teile eines Rohres, das mit seiner unteren Mündung bis an den niedrigsten Wasserstand im Kessel hinabreicht und demnach so lange infolge des Dampfdruckes mit Wasser gefüllt bleibt, als dieses nicht unter die Rohrmündung gesunken ist. Fällt jedoch der Wasserspiegel unter diese Höhe, so entleert sich das Rohr von Wasser und füllt sich dagegen mit Dampf, der den Pfropfen schmilzt. Dadurch wird dann entweder der Dampf zum Ausströmen durch eine Pfeife und diese zum Tönen gebracht, oder der Kontakt einer elektrischen Leitung mit Läutewerk hergestellt beziehungsweise unterbrochen oder auch ein Signal in Bewegung gesetzt, das auf eine gewisse Entfernung hin den Wasserstand deutlich zu erkennen giebt.

Die zur Verwendung gelangende Legirung wird gewöhnlich aus Wismut, Blei und Zinn durch Zusammenschmelzen hergestellt und in Formen von der Gestalt des Pfropfens ausgegossen. — In der Regel wird die Zusammensetzung so gewählt, dass der Schmelzpunkt bei 103 bis 105° C liegt, entsprechend einem Mischungsverhältnisse von 8 Teilen Wismut, 6 Teilen Blei und 3 Teilen Zinn.

Ein oft verwendeter Lärmapparat (Speiserufer) ist die in Fig. 195 dargestellte sog. Black'sche Lärmpfeife. Dieselbe besteht aus dem Rohr R mit dem Schmelzpfropfen s und der Pfeife p. Das Rohr R tritt einerseits mit der unteren Mündung bis etwa 10 bis 15 *mm* über dem niedrigsten Wasserstande in den Kessel, erhält ausserhalb desselben noch eine Höhe von 90 *cm* und bei n einen Dreiweghahn. Von dem Gehäuse dieses Hahnes läuft eine Kupferschlange a b aus, welche den Zweck hat, das durch den

Hahn eingelassene Kesselwasser vermöge der grossen Oberfläche abzukühlen, so dass dessen Temperatur 100 nicht überschreitet. Infolge dessen bringt das durch den Hahn an den Metallpfropfen tretende Wasser denselben nicht zum Schmelzen. Sinkt das Wasser bis das Rohr aus dem Wasser heraustritt, so strömt sofort Dampf von höherer Temperatur gegen den

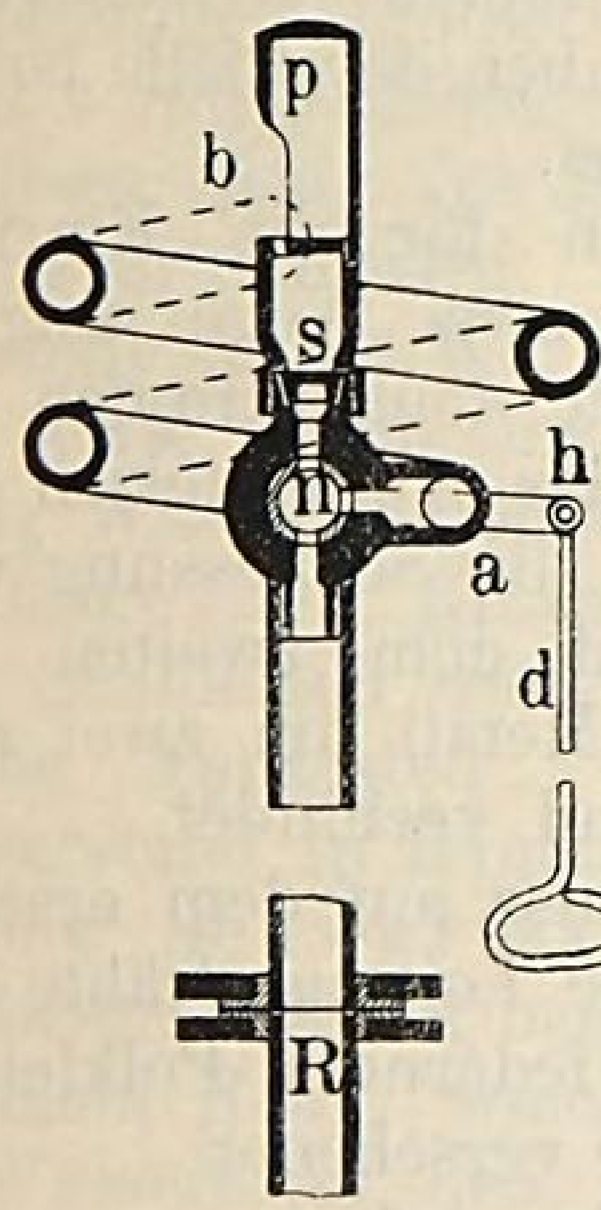


Fig. 195.

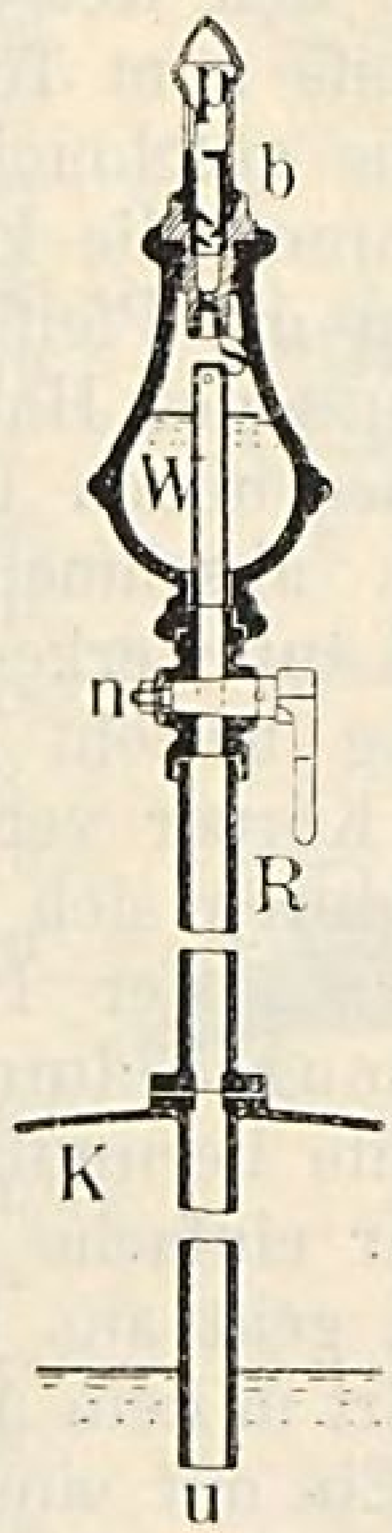


Fig. 196.

Pfropfen, bringt ihn zum Schmelzen, macht die durch letzteren verschlossene Oeffnung frei und versetzt die Pfeife p in Schwingungen, die einen schrillen Ton hervorrufen. Um die Dampfausströmung zu unterbrechen, wird der Hahn n in der Regel mit einem längeren Hebel h versehen, von dem ein Draht d zu dem Kesselwärter herunterreicht, der damit den Hebel anzieht. Für den weiteren Betrieb muss ein neuer Pfropfen eingesetzt werden, was bei geschlossenem Hahn und abgeschraubter Pfeife p zu geschehen hat.

Während bei dem besprochenen Black'schen Warner die Isolirung des Pfropfens von der Wärme durch eine Wasserschlange erfolgt und leicht unsicher wird, weil sich zwischen Pfropfen und Hahn mitunter Dampfblasen bilden, die den Apparat manchmal zur unrechten Zeit in Thätigkeit bringen, so hat man neuerdings statt Wasser die atmosphärische Luft als Isolirmittel angewendet. Ausserdem ist bei diesen neuen Konstruktionen die Anordnung getroffen, dass der abgeschmolzene Pfropfen nicht in den Dampferzeuger fallen und auf dem Boden desselben ein mitunter beobachtetes Durchbrennen veranlassen kann.

Eine anerkannte, auch durch Einfachheit ausgezeichnete Ausführung (Dreyer) ist in Fig. 196 dargestellt. Das in dem Kessel bis auf den zulässig niedrigsten Wasserstand u reichende Rohr R ist oben mit einem Windkessel W versehen, in welchen eine Fortsetzung des Standrohres hineinragt, die das Wasser oder den Dampf durch seitwärts sitzende Löcher in den Windkessel eintreten lässt. Ueber dieser Fortsetzung befindet sich der Metallpfropfen s, und zwar in einer Büchse b, welche bei p die Pfeife trägt.

Zum Abschluss des Windkessels etc. von dem Kesselinhalt dient der Hahn n. Beim Eintritt des Wassers in das Standrohr infolge der Dampfspannung wird die Luft in dem Kessel W zu einem Luftkissen zusammengedrückt, das einerseits eine Isolirschicht bildet, andererseits in dem Augenblicke, in dem der Wasserspiegel unter u sinkt, das Niederfallen des Wassers in dem Standrohr befördert. Sowie der niedrigste Wasserstand erreicht ist, tritt der Dampf in den Kessel W ein und bringt den Pfropfen zum Schmelzen, sowie die Pfeife zum Tönen. Der obere Abschluss des Rohres veranlasst dabei, dass die geschmolzene Metallmasse sich am Boden des Windkessels sammelt, während die kleinen Rippen in der Büchse b das Herausschleudern des Metalls in die Pfeife und damit ein Verstopfen der letzteren verhindert. Nach Abschluss des Hahnes n und Abschrauben der Pfeife ist ein sofortiges Einsetzen eines neuen Pfropfens vorzunehmen.

Um den abschmelzenden Metallpfropfen für die Einrückung eines elektrischen Läutewerkes zu benutzen, sind zwei Wege eingeschlagen. — Der eine Weg besteht darin, dass man mit dem Pfropfen in passender Weise einen Körper verbindet, der durch das Abschmelzen des Pfropfens frei wird, dadurch sich abwärts bewegt und die Schliessung einer Leitung durch Berührung der Pole bewirkt. — Auf dem zweiten Wege erfolgt diese Schliessung dadurch, dass das flüssige Metall um zwei nebeneinander liegende Drähte herumfliesst und somit leitend verbindet.

Eine sehr einfache Art, einen Stromschluss auf dem ersten Wege hervorzubringen, geht aus Fig. 197 hervor. Die Leitungsdrähte a und b sind mit den, isolirt in dem Aufsatz A befestigten, federnden Polklemmen c und d verbunden. Ein mit einem kleinen Gewicht g versehener Draht e hängt an der Klemme c und ruht auf der Schmelzplatte p auf. Sowie die letztere schmilzt, zieht das Gewicht g die Klemme c soweit abwärts, dass sie d berührt und somit den Stromkreis schliesst und auf bekannte Weise ein Läutewerk in Thätigkeit setzt.

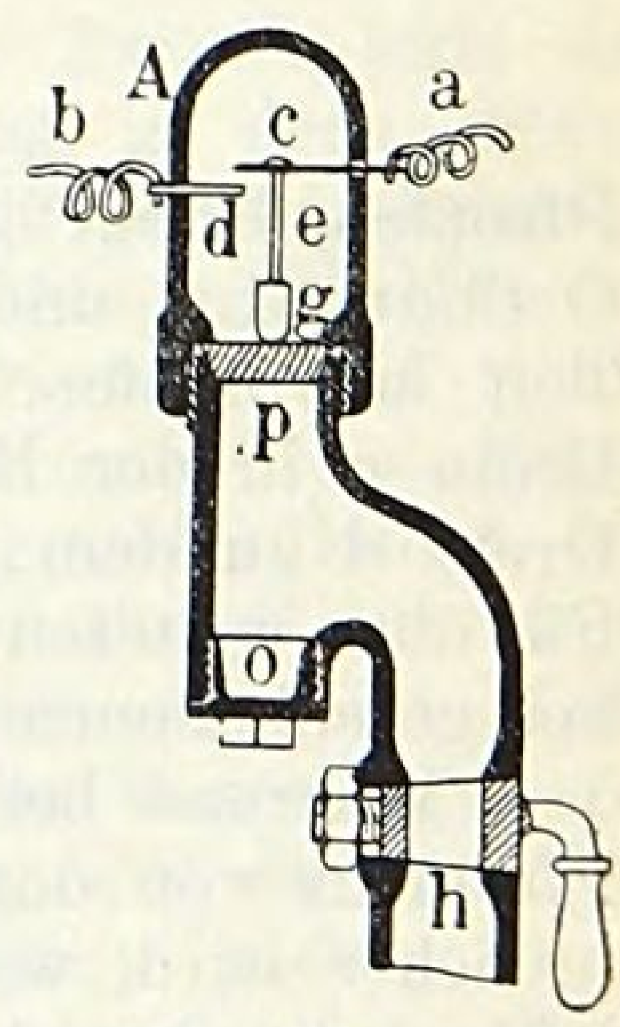


Fig. 197.

Nach dem anderen Prinzip ist der sehr verbreitete Apparat konstruirt (S c h w a r t z k o p f), welcher in Fig. 198 dargestellt ist. Derselbe besteht aus zwei konzentrischen Röhren a und b, welche bei c fest mit einander verbunden und mittels der Flansche f auf dem Kessel befestigt sind. Das innere Rohr a ist unten geschlossen und oben offen, das äussere Rohr b dahingegen unten offen und oben geschlossen und reicht mit der unteren Kante bis zum niedrigsten Wasserstande NW. Zwischen den beiden Röhren befindet sich demnach ein Hohlraum, in welchen das Wasser eintritt, um durch das Schlangenrohr g h in den ebenfalls ringförmig hohlen Kopf k des Rohres a zu gelangen. In das Innenrohr ist ein Einsatzkörper von oben eingeschoben, der aus zwei Kupferdrähten r und s besteht, die durch aufgeschobene, durchbohrte Serpentinsteine i, o, p von einander und in der richtigen Lage gehalten werden. Diese Drähte (Kette) werden bei x und y in eine elektrische Signalleitung eingeschaltet und unten bei p, sowie in dem Kopf k mit einer Büchse aus Schiefer umgeben, welche eine muldenförmige Vertiefung besitzt. Auf jeder Büchse liegt nun ein Ring aus leicht schmelzbarem Metall, der die Drähte nicht berührt, dahingegen beim Schmelzen in die Mulde des Schieferstückes

fliesst und sofort einen Stromschluss erzeugt. Diese Schmelzung erfolgt wie beim Black'schen Apparat, wenn das Wasser aus b ausläuft und Dampf eintritt, der den Hohlraum des Kopfes ausfüllt, und somit den Ring erwärmt, während das in der Schlange g h vorhandene Wasser sich stets unter 100° C hält. — Der untere Teil des Rohres a nimmt natürlich die Temperatur des Kesselwassers an, welche mit der Dampfspannung wächst und fällt. Legt man daher in diesen Teil des Rohres einen Ring, dessen Schmelztemperatur derjenigen Temperatur gleich ist, welche einer bestimmt vorgeschriebenen Spannung entspricht, so kommt dieser Ring ins Schmelzen, wenn jene Spannung überschritten wird. Auf diese Weise dient der Apparat zugleich als Warner bei Spannungsüberschreitungen, sowie, wenn der Kessel trocken, d. h. mit sehr wenig Wasser angeheizt wird, weil dann die strahlende Wärme der Kesselwände ebenfalls den Pfropfen zum Schmelzen bringt.

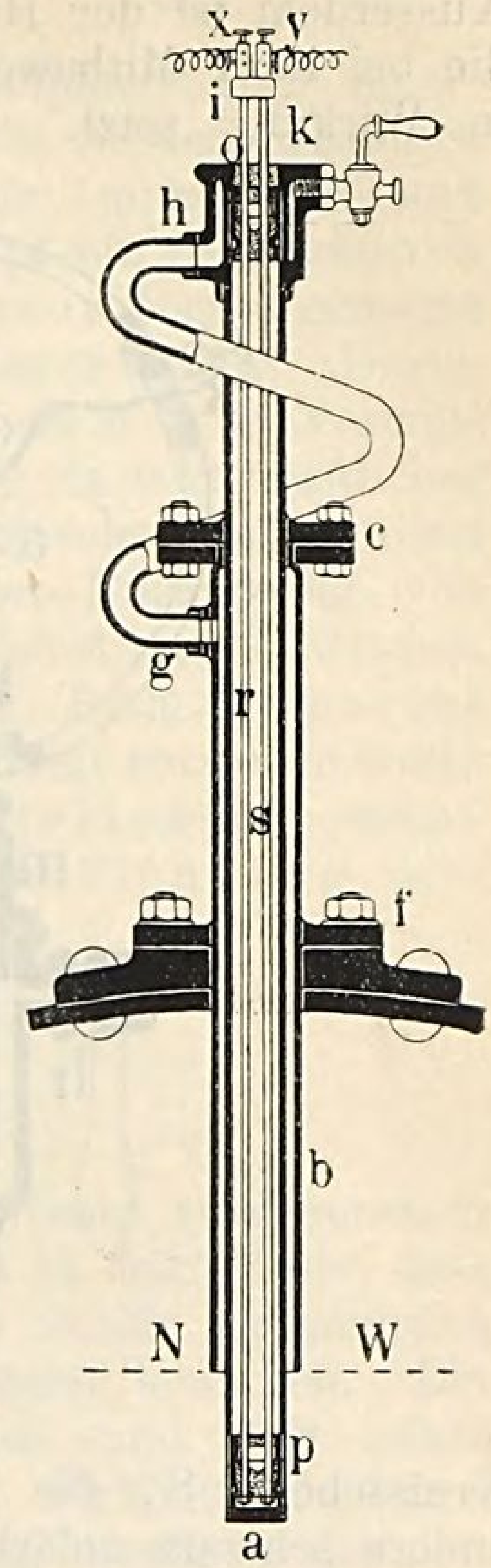


Fig. 198.

Unter den Apparaten, welche den zulässig höchsten Wasserstand in Dampferzeugern signalisiren, ist noch folgender (Schwartzkopf) wegen seiner Einfachheit und Zuverlässigkeit bemerkenswert. Derselbe besteht aus einem Rohr, welches bis zum höchsten Stande des Wassers in den Kessel reicht und am oberen Ende über dem Kessel einen cylindrischen Kopf trägt, in welchem sich ein kleiner Schwimmer befindet. Dieser Schwimmer ist vermittelst einer kurzen Stange so geführt, dass er bei seiner Aufwärtsbewegung zwei übereinander liegende Federn zusammendrückt, welche mit Platinknöpfen versehen sind, die in leitender Verbindung mit zwei in den Kopfdeckel isolirt befestigten Polen einer elektrischen Leitung stehen, so dass letztere durch die Berührung der Platinknöpfe geschlossen wird und ein Läutewerk in Thätigkeit setzt. Die Aufwärtsbewegung des Schwimmers erfolgt aber in dem Augenblick, wo der höchste Wasserstand im Kessel erreicht wird, weil dann das Kesselwasser durch den Druck des Dampfes in das Rohr unter den Schwimmer tritt und diesen emporhebt.

Die in Fig. 197 S. 140 dargestellte Anordnung gestattet durch die Bewegung des fallenden Körpers die Uebertragung dieser Bewegung direkt auf einen Zeiger oder ein sonstiges Signal, wie es in dem durch Fig. 199 vergegenwärtigten Warner (Dreyer, Rosenkranz u. Droop) zur Ausführung gekommen ist. Auf dem in den Kessel tauchenden Rohr R sitzt ein Kopf K, in den von oben ein Cylinder mit der aus leichtflüssigem Metall hergestellten Scheibe n eingefügt ist. Diese Scheibe trägt einen Kolben s von bestimmtem Gewicht, der sofort herunterfällt, wenn die Scheibe schmilzt. Mit dem Kolben s ist eine zugleich zur Führung dienende Stange u verbunden, die mittels eines Gelenkes den Hebel a b c niederzieht und damit zunächst infolge der Berührung des Hebelendes a mit der Feder e Schluss des elektrischen Stromes zwischen x und y und dadurch die

Ingangsetzung eines Läutewerkes in einem beliebigen Lokale verursacht. Ausserdem ist der Hebel a b c noch mit der kleinen Kurbel t verbunden, die bei ihrer Mitbewegung durch die Achse z einen Wecker auslöst und in Wirkung setzt. Ferner sitzt auf der Hebelachse b fest eine halbe

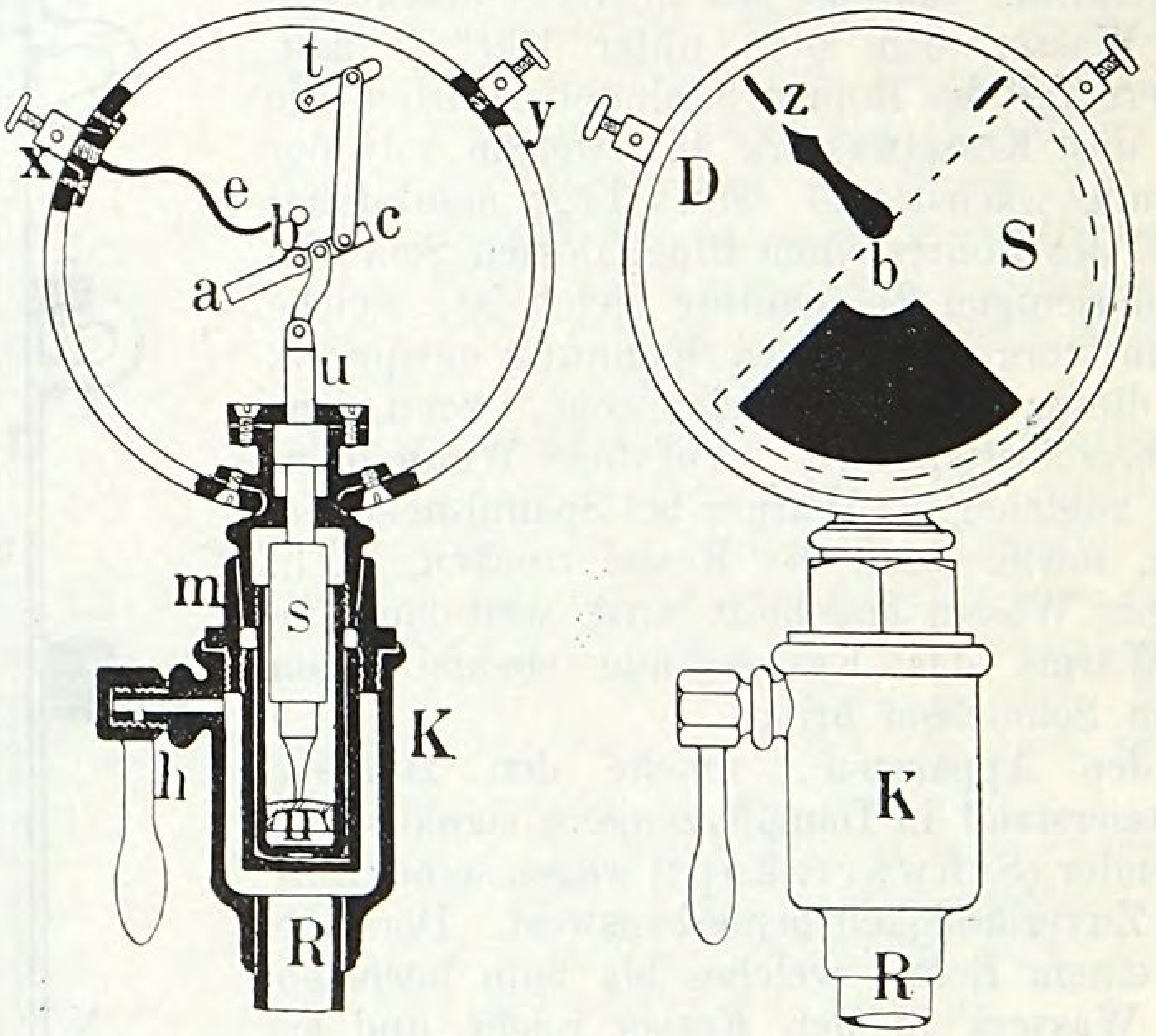


Fig. 199.

Kreisscheibe S, die in 2 Viertel geteilt ist, wovon das eine weiss, das andere schwarz gefärbt ist. Diese Scheibe dreht sich hinter dem Blatte, das die Dose D bedeckt und einen Segmentausschnitt besitzt, mit dem die Drehscheibe in der Weise korrespondirt, dass beim gewöhnlichen Wasserstande das weisse, nach dem Sinken des Kolbens s aber das schwarze Segment sichtbar ist. Das Schmelzen der Scheibe n erfolgt durch Eintritt des Dampfes in den Kopf K, wie bei den gewöhnlichen Speiserufern. Der Hahn h dient zur Entlüftung des Apparates vor der Inbetriebsetzung. Ein auf der Deckplatte angebrachter Zeiger z meldet auch das Ablaufen des Weckeruhrwerkes an. Da dieser Apparat durch drei verschiedene Signale den niedrigsten Wasserstand anzeigt, so muss er zu den zuverlässigsten gerechnet werden.

Erwähnung verdient noch ein Apparat (Wolff), bei dem durch Ausdehnung von Quecksilber ein elektrischer Strom geschlossen und ein Signal beim niedrigsten Wasserstande gegeben wird. Derselbe besteht aus einem bis zum letzteren reichenden Eisenrohr, das also gewöhnlich mit Wasser gefüllt ist. In einem über dem Kessel befindlichen erweiterten Teil hängt ein mit Quecksilber versehenes Gefäss, in welches ein Platindraht hineinreicht. Sobald infolge des niedrigsten Wasserstandes das Rohr ausläuft und Dampf von höherer Temperatur einlässt, dehnt sich das Quecksilber aus und berührt den Platindraht, wodurch der elektrische Strom geschlossen wird. Tritt später wiederum Wasser in das Rohr, so stellt sich ohne weiteres der frühere Zustand mit Stromunterbrechung ein.

Viertes Kapitel.

Dampftrockner, Dampfwasserableiter.

Infolge der raschen Dampfentwicklung in den Dampferzeugern einerseits und einer unvermeidlichen Abkühlung des Dampfes in den Leitungen andererseits werden Wasserteilchen mit dem Dampfe mitgerissen und schwebend in demselben erhalten, so dass solcher Dampf ein Gemische von Dampf und Wasser darstellt, nach welchem derselbe nasser Dampf genannt wird, gegenüber dem trockenen Dampf, der kein Wasser enthält. Durch das Niederschlagen des Dampfes in der Leitung tritt jedoch eine Verminderung der Arbeitsfähigkeit des gespannten Dampfes, also ein wirtschaftlicher Nachteil ein, wenn die Spannung des Dampfes als motorische Kraft benutzt werden soll. Ausserdem kann das Wasser unter der Einwirkung von Stössen für Leitungs- und sonstige Maschinenteile gefahrdrohend werden. Aus beiden Gründen ist demnach eine Entfernung des sog. Dampfwassers von grosser Wichtigkeit und höchst erwünscht. Sie erfolgt entweder durch das Trocknen des Dampfes oder durch das Ableiten des ausgeschiedenen Wassers mit Hilfe einer Dampftrockenvorrichtung oder eines Wasserableiters.

I. Dampftrockner.

Das Trocknen des Dampfes kann auf zweierlei Weise vorgenommen werden, erstens durch eine Erhitzung des Dampfes bis zu dem Grade, dass alles Wasser in Dampf verwandelt wird und zweitens durch mechanische Prozesse, welche eine Scheidung des Dampfes vom Wasser bewirken. Die erste — mit der Dampfentwicklung zusammenhängende und dort näher auszuführende — Methode findet, trotzdem sie allein wirklich trockenen Dampf liefern kann, verhältnismässig selten Anwendung, wogegen die mechanischen Prozesse allgemein in Gebrauch gekommen sind.

Sie beruhen darauf, dass man durch vorübergehende Verminderung der Dampfgeschwindigkeit oder durch künstliche Widerstände dem Wasser Zeit und Gelegenheit giebt, aus dem Dampfe auszuscheiden.

Um eine Geschwindigkeitsverminderung zu bewirken, leitet man den Dampf durch grössere Behälter, in welchen das Wasser infolge seines Gewichtes zu Boden sinkt, um in sog. Wassersäcken aufgefangen und von hieraus abgelassen zu werden. — Erfahrungsmässig bedarf es einer bedeutenden Geschwindigkeitsverminderung, wenn ein genügender Erfolg gesichert sein soll, daher in diesem Falle sehr grosse Behälter erforderlich sind. Da diese aber nicht nur eine grosse Expansion des Dampfes, sondern durch die Oberflächen auch eine entsprechende Abkühlung hervorrufen, so ist der Erfolg überhaupt sehr zweifelhaft, jedenfalls nur unter sehr günstigen Verhältnissen ein genügender.

Aus dem Grunde ist die Abtrennung des Wassers mittels Widerstände gebräuchlicher und allgemein eingeführt. Entweder wird hierbei der Dampf mit grosser Geschwindigkeit in tangentialer Richtung in ein cylindrisches Gefäss eingeleitet und das Wasser durch die zentrifugale Wirkung ausgeschleudert, oder man lässt denselben direkt gegen Blechwände strömen. — Im ersten Falle besteht die Vorrichtung in einem eisernen, oben und unten geschlossenen Cylinder, in welchen ein zweiter Cylinder von oben eingehängt

ist. Der Dampf tritt in den zwischen beiden Cylindern vorhandenen ringförmigen Raum oben tangential ein, umkreist den inneren Cylinder und tritt über den unteren Rand in diesen ein, während die Wasserteilchen sich an der Wand des äusseren Cylinders absetzen. Aus dem inneren Cylinder gelangt der Dampf in die Leitung, aus dem äusseren das Dampfwasser durch ein unter den Wasserspiegel reichendes Rohr in den Dampferzeuger zurück. — Mitunter vergrössert man in diesem Abscheider den vom Dampf zurückzulegenden Weg dadurch, dass man den inneren Cylinder durch eine mehrgängige Blechspirale ersetzt.

Das zweite Konstruktionsprinzip hat zahlreiche Ausführungen erfahren, die sämtlich das Ausscheiden des Wassers dadurch bewirken, dass das letztere infolge eines schnellen Richtungswechsels des Dampfes, hervorgebracht durch in den Strom gestellte Wände, durch Anprallen an diese Wände an Geschwindigkeit wesentlich einbüsst und zu Boden sinkt. Der Hauptunterschied dieser verschiedenen Wasserscheider wird durch die Anzahl und Stellung der Wände, sowie durch die Lage der Leitung bedingt.

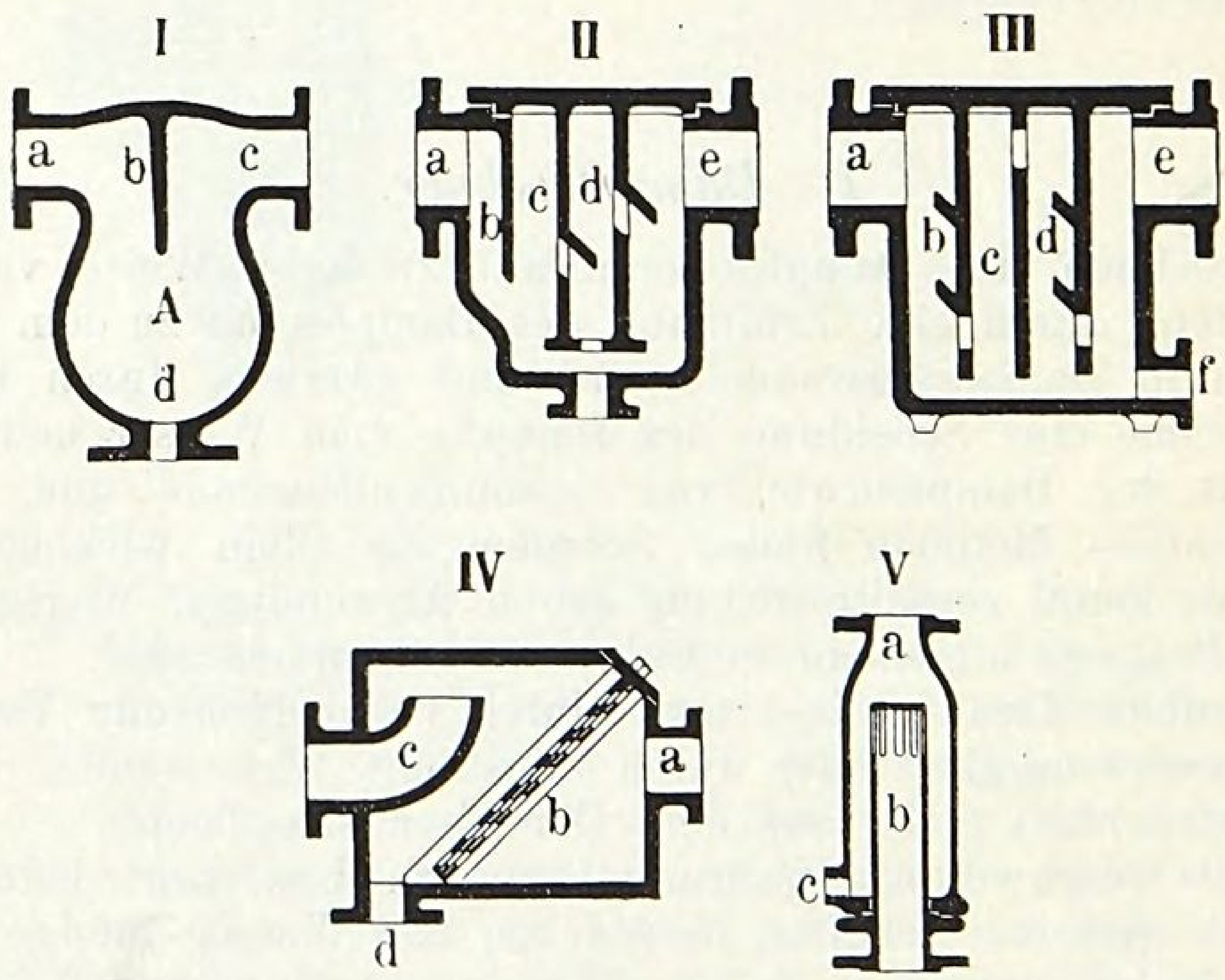


Fig. 200.

Ein viel verwendeter Wasserscheider für horizontale Leitungen zeigt Fig. 200 I. Derselbe besteht aus dem Gusseisen-Topf A mit einer angegossenen Scheidewand b. Der Dampf tritt bei a ein, stösst gegen b, wendet sich abwärts und zieht um die Kante der Zunge b durch c ab, während das ausgeschiedene Wasser, zugleich durch die Querschnittsvergrösserung des Topfes in der Bewegung verlangsamt, senkrecht nach unten geleitet und durch die Oeffnung d aus dem Topfe entfernt wird. — Bei dem Wasserscheider Fig. 200 II wird die Wirkung verstärkt, indem der bei a eintretende Dampf erst die Wand b, darauf die Schlitze c, d passiren muss und hierbei durch die Schirme hinter c und d abwärts gelenkt wird, um endlich getrocknet bei e den Apparat zu verlassen. — Der Wasserscheider Fig. 200 III besitzt drei abwärts hängende Wände b, c, d mit entsprechen-

den Schlitzen zur Richtungsänderung des bei a eingeleiteten und bei e austretenden Dampfes. Ausserdem sind aber noch an der Vorderseite der Wände b und d Fänge in der Gestalt von Blechstreifen oder Rippen angebracht, die der Dampfströmung entgegenstehen und dadurch Wasser auffangen, welches infolge einer geneigten Lage dieser Rippen am Ende abläuft und sich mit dem anderen Dampfwasser am Boden des Topfes sammelt, um durch den Stutzen f abgeführt zu werden. — Mitunter verbindet man eine feine Verteilung des Dampfes mit einer Bewegungsrichtungsänderung zum Abscheiden des Wassers. Eine hierauf zielende Konstruktion (Körting) führt Fig. 200, IV vor Augen. Ein viereckiger Topf besitzt im Innern ein aus mehreren gelochten Blechen bestehendes Siebsystem b und einen gebogenen Rohrstutzen c, so dass der bei a eingeführte Dampf sich durch die Siebe fein verteilt, sich vom Wasser trennt und trocken durch c den Apparat verlässt. Das Dampfwasser läuft bei d ab. Die Bleche lassen sich zum Zwecke der Reinigung durch den abzuschraubenden Deckel aus dem Apparat nehmen. — Um das Wasser wirklich auszuschleudern, fügt man auch wohl an der Eintrittsstelle des Dampfes in den Abscheider eine spiral- oder schraubenförmig gewundene Platte, von einem Rohre umschlossen ein, längs welcher der Dampf in eine Wirbelbewegung gerät.

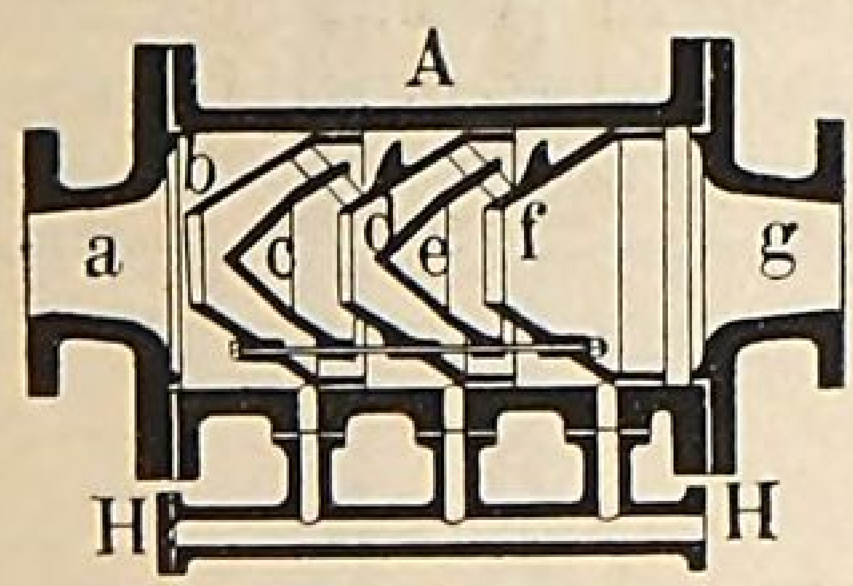


Fig 201.

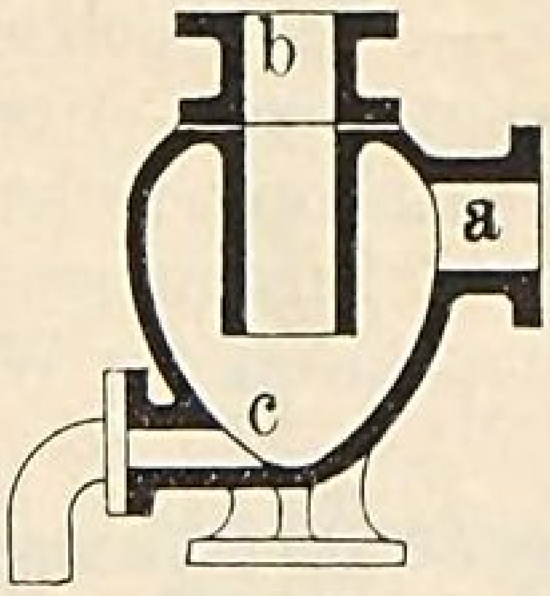


Fig. 202.

Bei dem durch Fig. 201 dargestellten Dampftrockner (Ehlers) ist der häufige Richtungswechsel zur Trennung des Dampfes von den schwereren mitgerissenen Wasserteilchen benutzt. Derselbe ist aus drei offenen und zwei an der Spitze geschlossenen Trichtern b, d, f und c, e zusammengesetzt, die sich in einem horizontalen Gehäuse A befinden und durch drei Schraubenstangen zusammengehalten werden. Der bei a einströmende Dampf wird zunächst gezwungen, in den Trichter b, sodann um den Rand des Trichters c, darauf durch d und um den Rand von e in f einzutreten, um bei g den Apparat zu verlassen. Das Wasser dahingegen prallt gegen die Wände der Trichter und läuft an denselben hinunter durch Stutzen in das Ablassrohr H, H. Zur besseren Ableitung desselben erhalten die Trichter d und f noch rundherumlaufende Rippen angegossen, hinter welchen das Wasser sich sammelt, so dass es verhindert wird, sich wiederum mit dem Dampf zu vermischen.

Die beschriebenen Dampftrockner sind zunächst für horizontale Leitungen konstruirt; sie lassen sich jedoch auch für vertikale Leitungen anwenden, wenn die letzteren durch Krümlinge angeschlossen werden. Für vertikale Leitungen benutzt man im übrigen die Anordnung Fig. 200, V, die aus zwei ineinander geschobenen Röhren a und b besteht, wovon b mit Schlitzen

oder Löchern versehen ist. Indem der bei a einströmende Dampf bei seinem Durchtritt durch die Schlitze in das Rohr eine plötzliche Richtungsänderung erleidet, welcher das Wasser seiner grösseren Masse wegen nicht folgt, tritt eine Ausscheidung des Dampfwassers ein, welches bei c abläuft, während der Dampf durch b weiterströmt. — Der in Fig. 202 dargestellte, ohne weiteres in seiner Einrichtung und Wirkung erkennbare Wasserscheider ist für vertikale Leitungsfortsetzungen geeignet. Der bei a eintretende Dampf umkreist das einhängende Rohr b, um darauf durch dasselbe zu entweichen, während das ausgeschiedene Wasser durch das Rohr c abläuft.

II. Dampfwasserableiter.

Die Dampfwasserableiter (Wasserableiter, Kondensirtöpfe, Dampfsparer) dienen dazu, das in den Dampfleitungen auftretende und das in den Dampfabscheidern sich sammelnde Wasser ohne Dampfverlust abzuleiten und bilden daher wichtige Apparate für Dampfleitungen, Vakuumapparate, Verdampf- und Scheidepfannen, Dampf-, Koch- und Trockenvorrichtungen u. dergl. Sie beruhen fast sämtlich auf dem Prinzip, dass das abzulassende Wasser in einen Behälter geführt und aus diesem von Zeit zu Zeit entleert wird, und unterscheiden sich in ihrer Anordnung nur durch die Mittel, welche diese Entleerung bewerkstelligen. Einige besondere Fälle ausgenommen — in welchen ein Verschlussorgan (Ventil oder Hahn) mit der Hand bewegt wird — erfolgt der Wasseraustritt durch Organe, welche selbstthätig in Wirkung treten (Automat) und zwar entweder infolge der Ausdehnung und Zusammenziehung von Körpern bei Temperaturwechsel, oder infolge eines durch das Wasser selbst in Thätigkeit gesetzten Schwimmers.

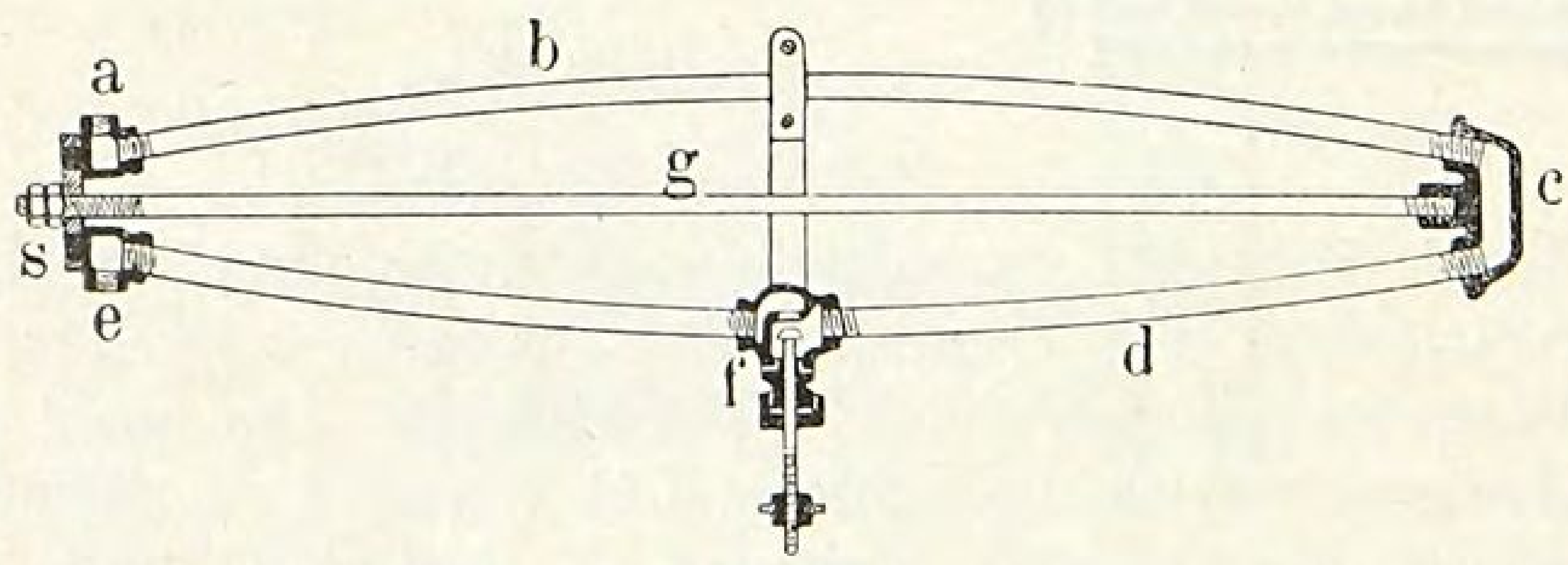


Fig. 203.

Als Körper, die durch Temperaturwechsel wirksam gemacht werden, benutzt man Metalle oder Flüssigkeiten in sehr verschiedenen Anordnungen, von denen die gebräuchlichsten in Fig. 203, 204 u. 205 dargestellt sind. Der Wasserableiter Fig. 203 (Kusenberg) besteht aus zwei Metallröhren d, b, welche bei c durch ein hohles Gusstück mit einander verbunden und an den freien Enden a und e mit Muffen versehen sind, wovon a mit der Dampfleitung und e mit dem zum Auslass des Wassers dienenden Rohre bestimmt ist. Bei f ist ein gewöhnliches Kegelventil angebracht, dessen Spindel mittels eines Bügels gehalten wird, der durch zwei Schrauben eine feste Verbindung mit dem Rohre b hat, so dass in einer Stellung das Ventil geöffnet ist. Eine bei c und s verschraubte Stange g verhindert eine Lagenveränderung zwischen c und den freien Enden a und e. Die Wirkung

ist nun folgende. Der bei a eintretende Dampf durchströmt b, c und d, und erhitzt dabei beide Röhren b, d, welche sich, weil sie durch die Stange g an der Längenausdehnung verhindert werden, sofort ausbauchen und das Ventil schliessen, sodass kein Dampf ausströmen kann. Sobald aber Dampfwasser in die Röhren gelangt und diese abkühlt, erfolgt in umgekehrter Weise ein Oeffnen des Ventils f und das Auslaufen des Wassers aus dem Stutzen e. Dieser Erfolg, der sich also nach Bedürfnis wiederholt, findet schon bei einer geringen Temperaturdifferenz statt und lässt sich, je nach der Grösse der letzteren, vermittelst der Schraube s, also durch die Stange g auf das genaueste regeln. — Ausser diesen aus Messing hergestellten Röhren sind auch Ausdehnungskörper zur Verwendung gekommen, welche, aus zweierlei Metall von verschiedener spezifischer Ausdehnung (Messing oder Kupfer und Eisen) z. B. in der Form der Nürnberger Schere hergestellt und in einem Sammelbehälter derart angebracht werden, dass sie durch Ausdehnung oder Zusammenziehung ein Ventil öffnen oder schliessen. — Zur Vermehrung der Empfindlichkeit und Vergrösserung der Ventilbewegung hat man auch mehrere Ausdehnungskörper der Fig. 203 mit einander verbunden und in einem Sammelbehälter zwischen einer stellbaren Spindel und dem Auslassventil ausgespannt (Kuhlmann).

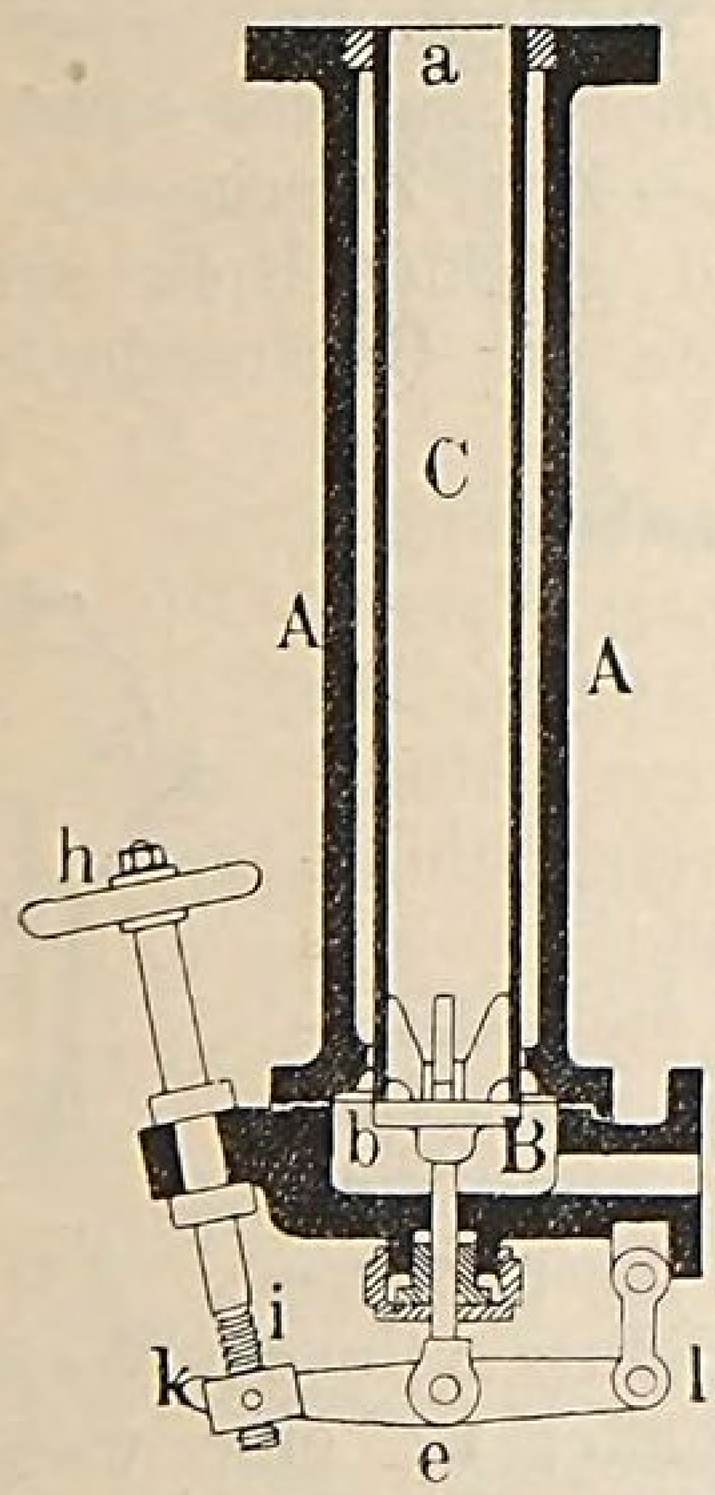


Fig. 204.

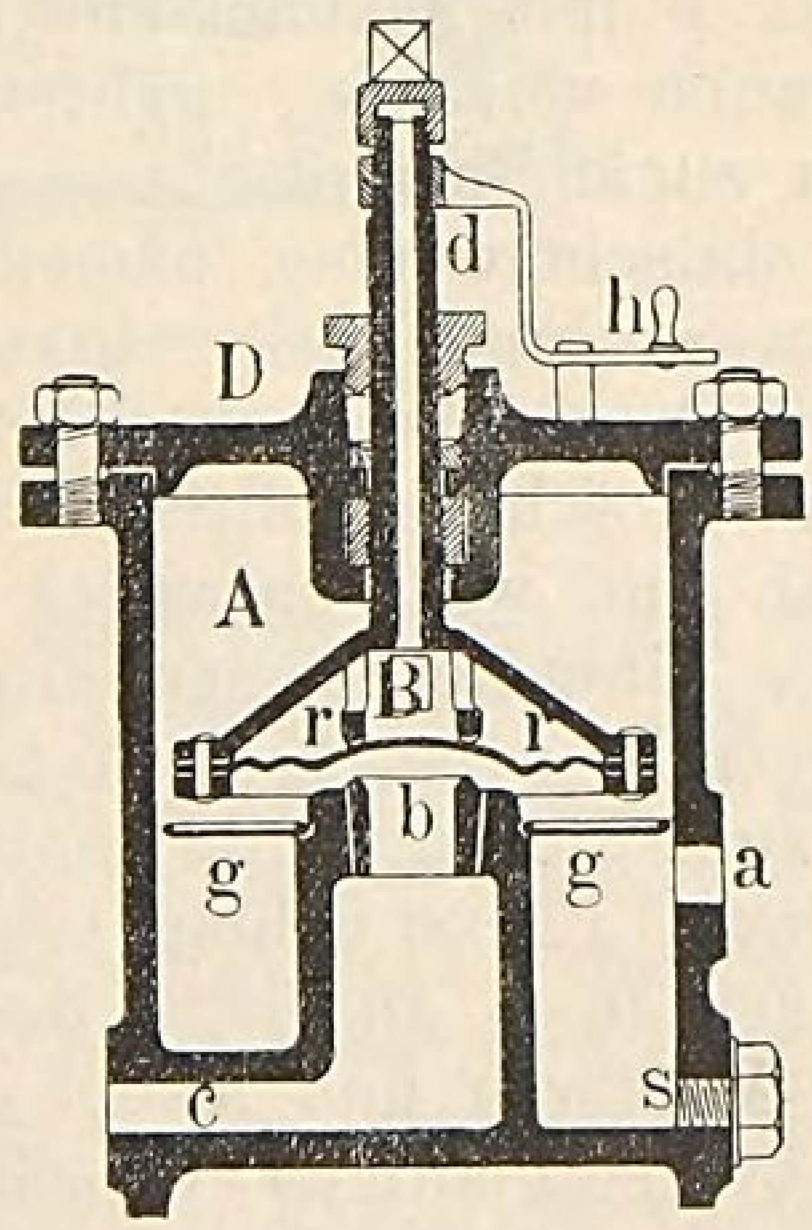


Fig. 205.

Der in Fig. 204 gezeichnete Ableiter besteht aus dem gusseisernen durch das Stück B mit dem Dampfwasserablasstutzen c abgeschlossenen Rohre A, dem eingehängten Messingrohr C, welches nur an dem Ende a mit dem äusseren Rohre B fest verbunden ist, und dem Ventil bei b, welches von der Stange e getragen wird und vermittelst des Handrades h, Schraube i und Hebel k l auf das genaueste eingestellt werden kann. Ist das Rohr A mit Hilfe der Flanschen an die Dampfleitung angeschlossen, und wird sodann Dampf in das Rohr C eingelassen, so dehnt sich dieses aus, setzt sich dichtend auf das mit Führungen versehene Ventil b und

verhindert den Austritt des Dampfes. Tritt jedoch darauf Wasser in das Rohr C und damit eine Abkühlung des letzteren ein, so zieht sich das Rohr zurück, hebt sich vom Ventilsitz ab und öffnet damit den Durchgang für das Wasser durch B und c zum Ablassen. Bei Dampfeintritt erfolgt wieder Schluss und so fort.

Die allgemeine Anordnung eines selbstthätigen Dampfwasser-Ableiters mit einer Flüssigkeit als Verschlussmittel geht aus Fig. 205 hervor (Haag). In einem mit Deckel D verschlossenen, gusseisernen Topf A hängt ein trichterartiger Behälter B, der unten mit einer wellenförmig gebogenen Platte (Membran) r r abgeschlossen und mit dem Halse d in einer Stopfbüchse des Deckels regulirbar befestigt ist. Das Innere dieses Behälters B ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, welche unter 100 ° C siedet (Aether, Benzin Alkohol u. dergl.). Unter der Membran befindet sich, in Verbindung mit dem Ablasstutzen c, ein Ventilsitz b, korrespondirend mit einem ähnlichen Ringe über der Membran. Die Anordnung ist nun derart getroffen, dass die Membran in kaltem Zustande den Durchgang für das in a eintretende Wasser offen hält, welches durch die Siebe g g und das Ventil b in das Auslassrohr c gelangt und unter dem Drucke des Dampfes ausströmt. Sobald dann heisses Wasser oder Dampf, aus a kommend, den Trichter trifft, verdampft dessen Inhalt, gewinnt eine grössere Spannung als der Inhalt des Topfes, presst die Membran auf den Ventilsitz und versperrt den Austritt, der sich erst wieder öffnet, wenn das Dampfwasser sich entsprechend abgekühlt hat, worauf sich das Spiel wiederholt. — Zum Zwecke der Füllung des Raumes B mit Alkohol etc. ist das durch d gehende Rohr mit einer Kapselschraube versehen, während die Abnahme des Gehäusedeckels alle Teile leicht zugänglich macht.

Eine einfachere aber namentlich bei Dampfheizungen empfehlenswerte und viel gebrauchte Form eines Wasserableiters mit Druckflüssigkeit führt Fig. 206 vor Augen. Die Membran m m schliesst direkt das mit Aether etc. gefüllte Gefäss B ab und wirkt entweder direkt oder unter Zuhilfenahme eines einfachen Tellerventils verschliessend auf das Zuströmungsrohr a bei Eintritt von Dampf, der die Flüssigkeit in B zum Sieden und somit die Membran zum Ausdehnen bringt. Fliesst dahingegen Wasser zu, so kühlt sich die Flüssigkeit in A ab, öffnet das Rohr a durch Zusammenziehen der Membran und macht dadurch den Abfluss c für das Wasser frei.

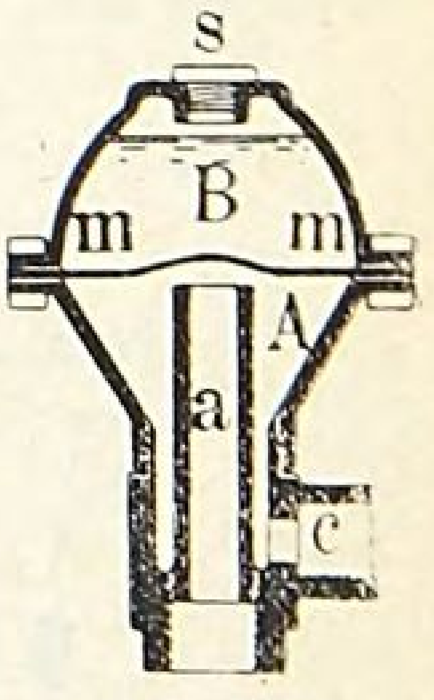


Fig. 206.

Trotz des sorgfältigen Verschlusses der Behälter ist eine vollständige Vermeidung einer Entweichung der niedrig siedenden Flüssigkeit unmöglich und daher von Zeit zu Zeit eine Nachfüllung erforderlich. Um letztere zu umgehen, sind auch Flüssigkeiten mit höheren Siedepunkten in Gebrauch, bei denen dann natürlich nur die Ausdehnung wirken kann, z. B. Glyzerin. — Wegen der geringen spezifischen Ausdehnung solcher Flüssigkeiten ist nicht nur das Gefäss vollkommen zu füllen, sondern auch entsprechend gross zu nehmen, damit die Platte sich genügend durchbiegt. Man wählt dann zweckmässig statt der Vasenform eine lange Röhre, welche bei gleichem Inhalte eine grössere Oberfläche darbietet, daher schneller die Ausdehnung hervorruft und aufhebt. — Ausserdem wendet man auch sog. Bourdon'sche Röhren (S. 156) und Hebelübersetzungen an, welche jedoch die Einfachheit der Apparate beeinträchtigen.

Der Konstruktion der Wasserableiter mit Schwimmer liegt der Gedanke zu Grunde, dass ein auf dem sich sammelnden Wasser befindlicher Körper vermöge dessen Auftriebes bei einem gewissen Wasserstande dem Wasser einen freien Austritt verschafft, während ein Entweichen des Dampfes verhindert wird. — In einfachster Form lässt sich ein solcher Erfolg durch einen Schwimmer erzielen, der in dem Wassersammler direkt mit einem Ventil (Kegelventil) verbunden wird, das im Boden eine Oeffnung verschliesst, durch das Auftreiben des Schwimmers infolge des erhöhten Wasserstandes, aber die Oeffnung für den Austritt des Wassers frei macht. Weil hierbei das Ventil unter dem Drucke der Dampfspannung steht, so muss bei grösserer Spannung entweder das Ventil nur einen kleinen Durchmesser, oder der Schwimmer eine entsprechend grosse Querschnittsfläche bekommen, und deshalb gewöhnlich von dieser einfachen Form Abstand genommen werden. — Hervorgegangen aus dieser Form sind jedoch diejenigen viel verwendeten Anordnungen, bei welchen der Schwimmer nicht direkt, sondern indirekt mittels einer bedeutenden Hebelübersetzung auf ein Ventil einwirkt.

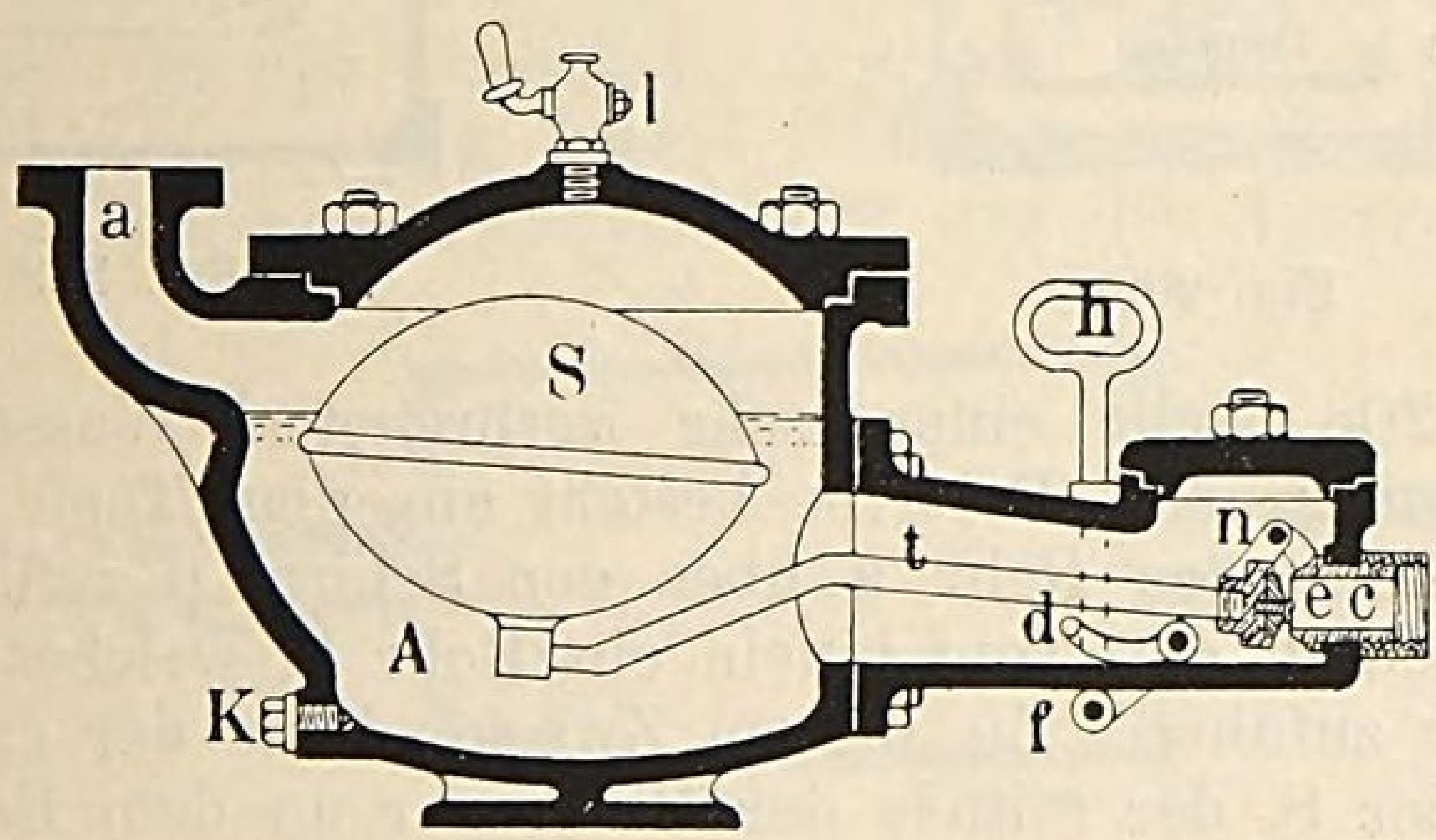


Fig. 207.

Als ein Muster solcher Ausführungen kann der in Fig. 207 dargestellte Wasserableiter gelten. Der Wassersammler A steht durch den Stutzen a mit der Dampfleitung und dem Stutzen c mit der Ableitung in Verbindung. In demselben befindet sich ein linsenförmiger hohler Schwimmer S, getragen von dem Wasser im Behälter A und mittels der Stange t mit einer Klappe e verbunden, welche an einem Zapfen n drehbar hängt und beim niedrigen Wasserstande infolge der Schwimmerwirkung den Stutzen c verschliesst. Steigt das Wasser dahingegen in dem Topfe und damit der Schwimmer S, so dreht sich die Klappe, öffnet den Stutzen c und bringt das Wasser zum Ausfliessen, bis es wieder auf das tiefere Niveau gesunken ist. Um die Gelenkklappe e ausserdem z. B. beim niedrigen Wasserstande auch mit der Hand öffnen zu können, ist ein Daumen d angebracht, der vermittelst des Handgriffes h und des Hebels f gehoben, die Stange t aufnimmt. Zu bemerken ist noch: ein Lufthahn l, eine Ablasschraube k, um dadurch von Zeit zu Zeit den Topf auszuspülen, und die leichte Zugängigkeit aller Teile durch abnehmbare Deckel u. s. w. Das Hebelverhältnis zwischen Schwimmer und Klappe ist so gewählt, dass dieser Ableiter bis 8 Atmosphären Druck arbeitsfähig bleibt. Das Austrittsrohr c ist mit einem Gasgewinde versehen, um ein Rohr von 25 *mm* äusserem Durchmesser aufzunehmen. Bei derselben Weite des Eintritts a und einem Druck von 3,5 Atm. sowie ununter-

brochener Wasserzuführung entlässt der Topf 40 *kg* Wasser in der Minute, also 2400 *kg* in der Stunde. Nimmt man nun an, dass bei diesem Drucke die Dampfwassermenge für 1 *qm* Heizfläche in der Stunde 2 *kg* beträgt, so würde der Ableiter thatsächlich für 2400 : 2 = 1200 *qm* Heizfläche genügen. Der verschiedenen Unterbrechungen, der Schwimmerbewegungen etc. wegen rechnet man übrigens nur 400 *qm* als grösste Heizfläche für denselben.

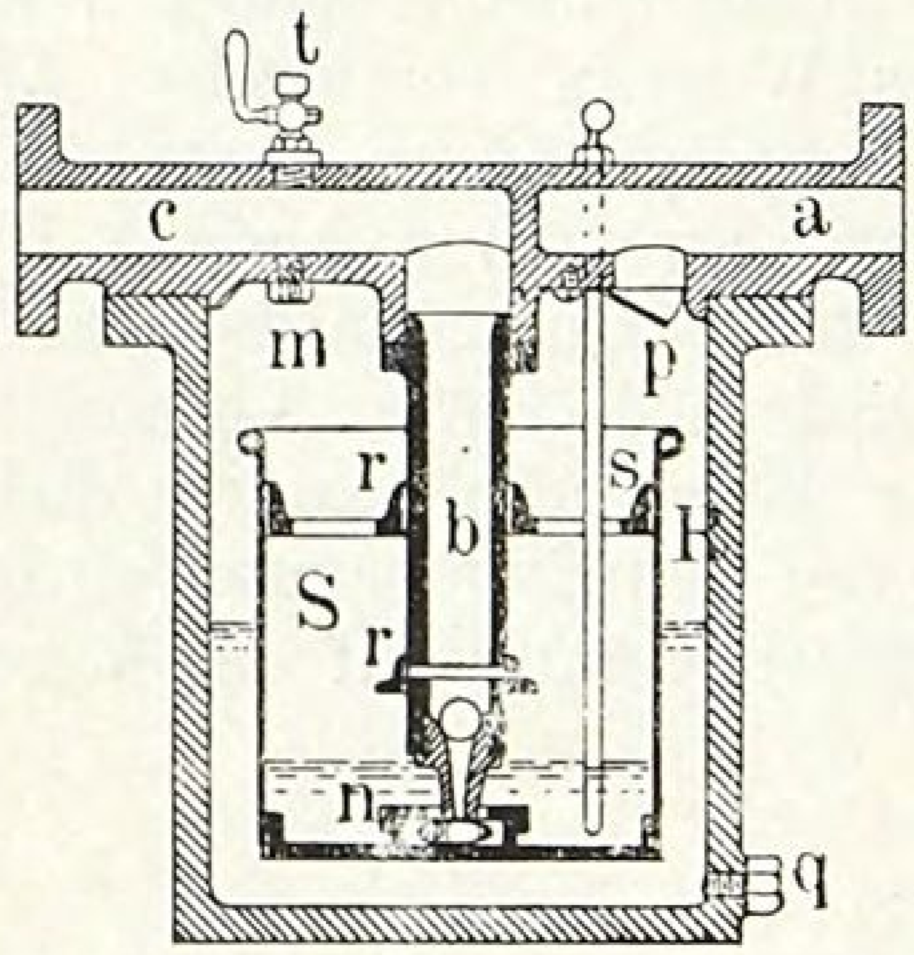


Fig. 208.

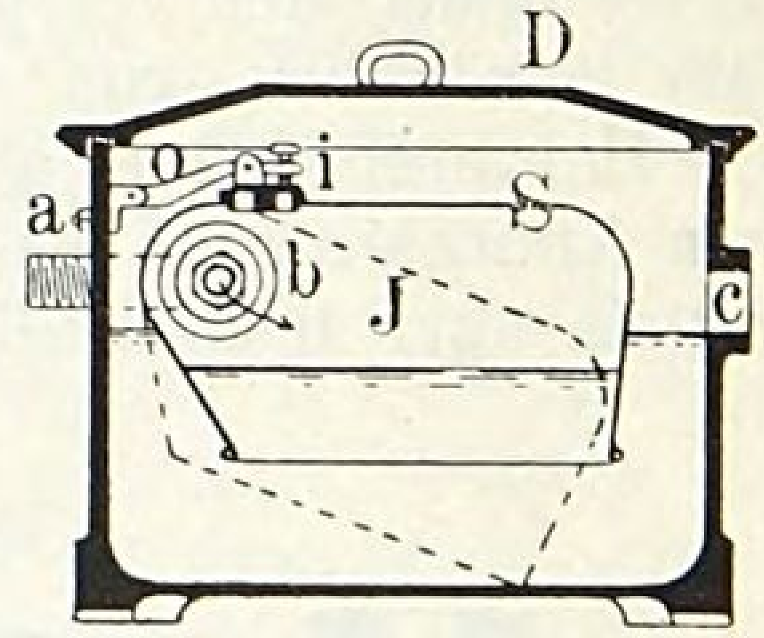


Fig. 209.

Die Fig. 208 stellt einen sehr verbreiteten Wasserabscheider mit offenem Schwimmer dar. Derselbe besteht aus dem Topfe R, welchem das Dampfwasser durch das Rohr a über den Schirm p zufliesst. Von dem Deckel senkt sich in den Topf hinein ein Rohr b, welches das Wasser dem Austrittsrohre c zuführt. Zu diesem Zwecke dient der cylindrische, oben offene Schwimmer S, der mittels der Ringe r r an dem Rohre b eine vertikale Führung erhält. Am Boden dieses Schwimmers, unmittelbar unter dem trichterförmig auslaufenden Rohre b, liegt, durch einen Rahmen n am Platze gehalten, im übrigen aber frei beweglich, ein linsenförmiger Körper, der durch den Auftrieb des Schwimmers gegen das Steigrohr b gepresst wird und dieses abschliesst. Das über p einströmende Dampfwasser gelangt in den den Schwimmer umgebenden Raum R, füllt denselben allmählich aus, läuft dann über deu Rand in das Innere des Schwimmers und bringt denselben in dem Augenblicke zum Sinken, wo das Wassergewicht den Auftrieb überwindet. Mit dem Sinken des Schwimmers wird die untere Oeffnung des Rohres b frei, und das in S vorhandene Wasser durch dieselbe so lange unter dem Drucke des Dampfes ausgetrieben, bis der Schwimmer wieder anfängt zu steigen und den Verschluss herstellt. Die Ableitung wird also in der Regel nach gewissen Pausen d. h. periodisch erfolgen. Die in dem Rohre b befindliche Kugel wirkt als Rückschlagventil. Zur regelmässigen Entfernung der mit dem Dampfe eintretenden Luft dient die Durchbohrung bei m; ausserdem ist in dem Deckel noch ein Lufthahn eingeschraubt. Der über m angebrachte Hahn t hat den Zweck, zu untersuchen, ob der Apparat in Thätigkeit ist, in welchem Falle aus demselben Wasser ausströmt. Die Schraube q ist eine Ablasschraube, und die Stange s mit Druckknopf dazu bestimmt, zu jeder Zeit durch Herabdrücken des Schwimmers auf den Boden des Topfes eine schnelle Entleerung desselben herbeiführen zu können.

Eine ebenfalls sehr viel verwendete Konstruktion (Boyle, Fig. 209)

benutzt als Mittel zur Entleerung einen Hahn in Verbindung mit einem unten offenen Schwimmer. Seitwärts neben dem Topfe A befindet sich das Wassereintrittsrohr a, mit dem Innern J des Schwimmers S durch einen Eckhahn (S. 118 Fig. 173) in Verbindung gebracht, so dass bei geöffneter Hahnstellung das Dampfwasser aus a b durch das Innere des Schwimmers in den Topf gelangt und bei c ausfliesst, wenn es dieses Niveau erreicht. Zu Beginn dieses Vorganges befindet sich der mit dem Hahnküken verbundene, also mit demselben sich drehende Schwimmer in der punktirten Lage, in welcher zugleich zum Zwecke der Entlüftung die, rechts bei i sichtbare, durch einen an dem Gelenk o sitzenden Schieber bedeckte Oeffnung frei ist. Nach dem Eintreten von Dampf drückt dieser gegen die Wasseroberfläche und gegen den Schwimmer und hebt diesen unter gleichzeitiger Senkung des inneren Wasserspiegels. Dadurch schliesst sich der Hahn und sperrt den Dampfzutritt ab. Zugleich wird auch die bei i sichtbare linke Oeffnung frei und entlässt den Dampf, so dass sich nun unmittelbar darauf der Schwimmer durch sein eigenes Gewicht wieder senkt, den Hahn öffnet und das Spiel von neuem einleitet. — Bemerkenswert bei diesem Ableiter ist der Umstand, dass in dem Topfe kein Dampfdruck herrscht und demgemäss der Deckel D durch sein Gewicht festliegt, also ohne weiteres abgenommen werden kann und den Apparat zugängig macht.

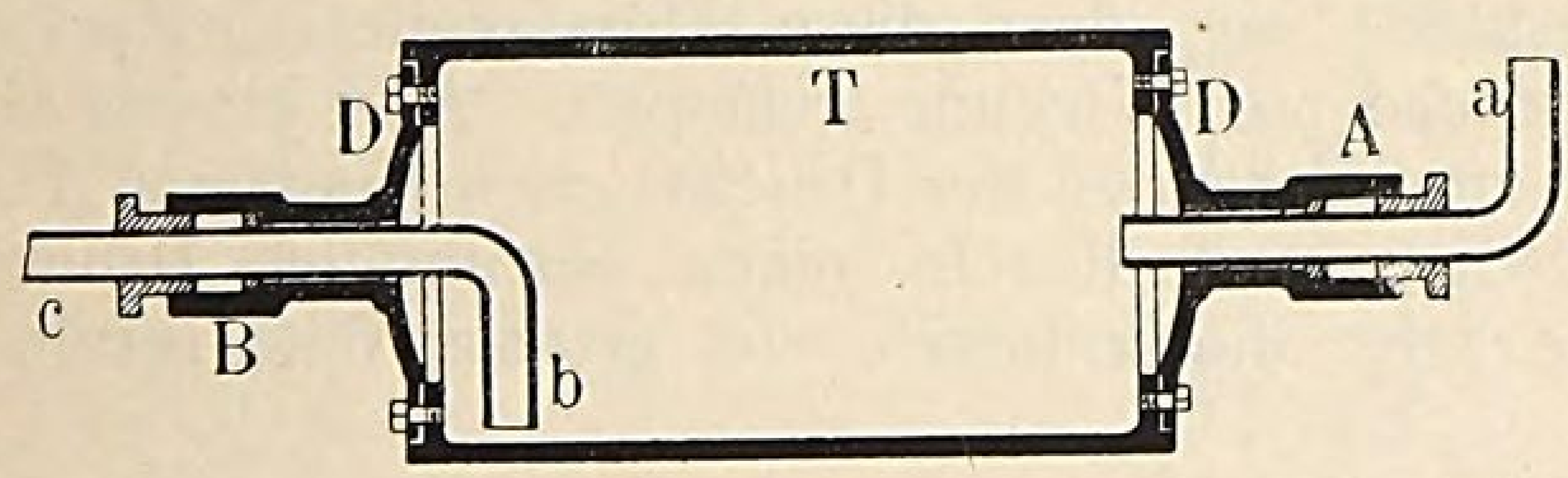


Fig. 210.

In besonderen Fällen sind die Dampfwasserableiter den Anlagen eigens anzupassen, bei welchen sie zur Entfernung des Dampfwassers dienen sollen, z. B. bei den zu Trockenprozessen bestimmten durch Dampf geheizten Drehtrommeln. In Fig. 210 erkennt man die mit zwei Deckeln D D abgeschlossene Trommel, deren Deckelstutzen A und B zugleich zur Bildung der Drehzapfen und zur Aufnahme von Stopfbüchsen verwendet werden, welche Röhren a und c gedichtet durchlassen, ohne die Drehung zu verhindern. Das Rohr a steht mit einer Leitung in Verbindung, welche Dampf zuführt, der die Trommelwand erwärmt und dann durch das Rohr b c abzieht, unter Zurücklassung des durch die Wärmeabgabe entstandenen Wassers. Um dieses zu entfernen, reicht das Rohr c b heberartig abwärts in der Trommel fast bis zur Wand. Sowie das Wasser über den Rand b steigt, drückt der Dampf dasselbe durch das Ableitrohr b c fort und zwar, wenn der Abdampf noch eine weitere Verwendung findet, nach einem Kondenstopf.

Fünftes Kapitel.

Druckmesser, Druckregler.

Der durch eine Flüssigkeit zur Wirkung gelangende Druck kann ent-

weder die Folge der Schwere sein und wird hervorgerufen durch eine Flüssigkeitssäule (Wassersäule, Quecksilbersäule etc.), oder derselbe entsteht durch eine der Flüssigkeit eigentümliche und durch gewisse Umstände bedingte und veranlasste Spannung (Wasserdampf, komprimirte Luft, eingeschlossene Kohlensäure, belastete Gase etc.).

Im letzteren Falle wohnen der Druckflüssigkeit den Umständen entsprechend noch gewisse Eigenschaften inne, welche in einer bestimmten Beziehung zu dem Drucke stehen (z. B. die Wärme des Wasserdampfes, die Fähigkeit gespannter Luft beim Ausströmen Abkühlungen hervorzubringen u. dergl.).

Es beschränkt sich die Anwendung von Flüssigkeiten unter Druck daher nicht ausschliesslich auf die Erzeugung von Bewegungen zur Verrichtung mechanischer Arbeit (in Wassermaschinen, Dampfmaschinen etc.) oder zum Durchströmen derselben durch Leitungen, um an einen bestimmten Gebrauchsort zu gelangen (Wasser-, Luft-, Gas- etc. Leitungen), sondern nicht weniger bedeutungsvoll ist die Verwendung derselben wegen der mit dem Drucke unmittelbar zusammenhängenden Eigenschaften z. B. der Wärme (zum Heizen, zur Förderung chemischer Prozesse, zugleich mit Druckwirkung etc.) oder der Kälteerzeugung (zur Kühlung von Räumen, Flüssigkeiten etc.) u. s. w. Es hängt daher bei allen Verwendungsformen der Flüssigkeiten die Sicherheit und Gleichmässigkeit des Erfolges vielfach von dem Umstande ab, dass diese Flüssigkeiten unter einem gleichen (konstanten) Drucke zur Wirkung gelangen. Aus diesem Grunde sind die Vorrichtungen zum Erkennen der Druckgrössen einerseits (Druckmesser) und zum Erhalten und Regeln eines bestimmten Druckes andererseits (Druckregler) für die Industrie von grosser Wichtigkeit.

I. Druckmesser.

Die hier in betracht kommenden zur Bestimmung von Druckgrössen oder Spannungen in Flüssigkeiten (Wasser, Wasserdampf, Gasen u. dergl.) dienenden Druckmesser führen in der Regel den Namen Manometer. — Die Grundlage für das Messen von Druckgrössen in Flüssigkeiten bildet der Atmosphärendruck, welcher kurzweg Atmosphäre genannt und bekanntlich in unseren Breiten im Mittel zu 1,03 *kg* auf 1 *qcm* angenommen wird, entsprechend einer Wassersäule von 10,3 *m* oder einer Quecksilbersäule von 760 *mm* Höhe. Wegen der Veränderlichkeit dieses Druckes nicht nur in den verschiedenen Erdbreiten, sondern überall (dem Barometerstande entsprechend) ist es demgemäss allgemein gebräuchlich geworden, den Atmosphärendruck gleich dem Drucke von 1 *kg* auf 1 *qcm* zu setzen, so dass derselbe auch seinen Ausdruck findet in einer Wassersäule von 10 *m* und einer Quecksilbersäule von 735 *mm* Höhe. — Dabei ist zu bemerken, dass man in der Regel mit den Manometer nur den Druck (Ueberdruck) bestimmt, um welchen die Spannung oder Pressung grösser ist als der Atmosphärendruck. Den wirklichen Druck erhält man daher, wenn man zu dem Ueberdruck noch eine Atmosphäre hinzufügt. Ist die Pressung oder Spannung kleiner als letztere, so spricht man von einem Vakuum (Vakuummesser).

Zum Messen des Druckes bedient man sich entweder

1. einer Flüssigkeitssäule, oder
2. gespannter Federn, oder
3. Gewichtsstücke.

A. Flüssigkeitsmanometer.

Die einfachste Konstruktion und zugleich die Grundlage aller Flüssigkeitsmanometer besteht (Fig. 211) in einem U förmig gebogenen Glasrohre a b c, dessen Schenkel a b, mit dem Druckmedium in Verbindung gebracht ist. Indem nun der Druck auf die Oberfläche der in dem offenen Schenkel

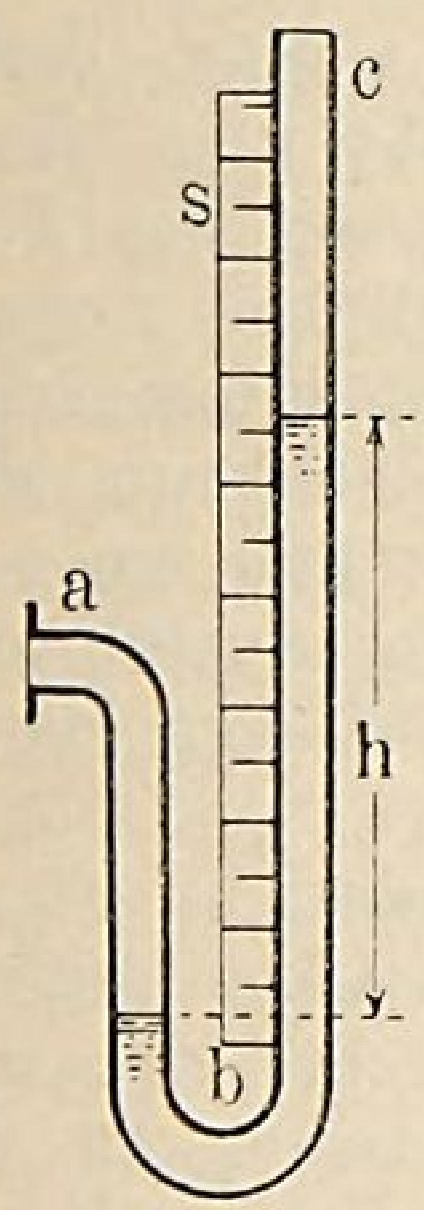


Fig. 211.

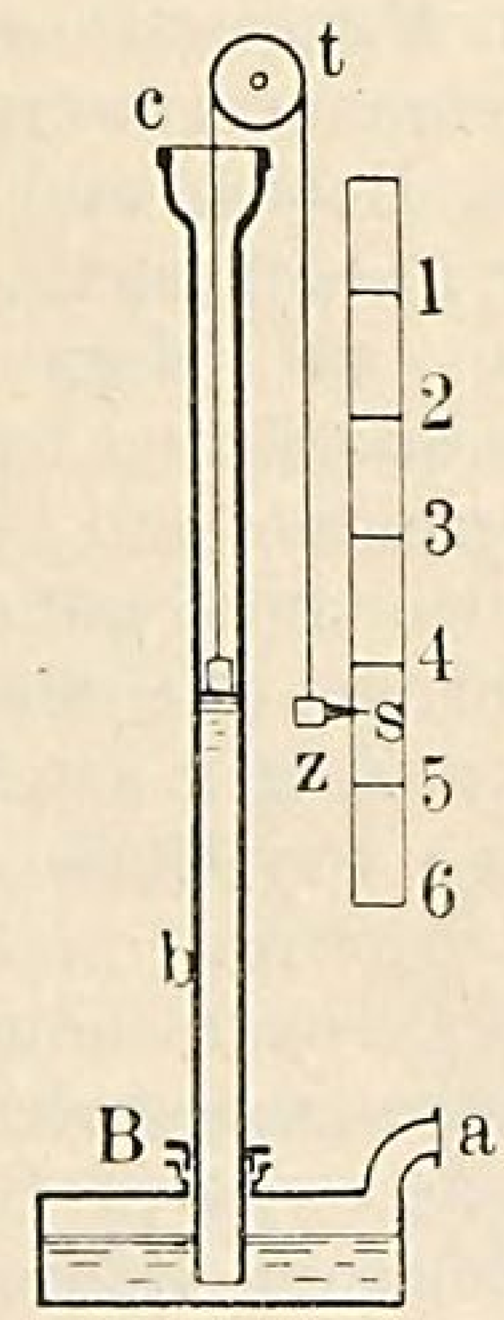


Fig. 212.

a b vorhandenen Druckflüssigkeit wirkt, wird diese in c b soweit in die Höhe getrieben, bis die Flüssigkeitssäule in c b dem Drucke das Gleichgewicht hält, d. h. bis das Gewicht der Flüssigkeitssäule h (gleich dem senkrechten Abstand der zwei Oberflächen) unter Voraussetzung gleicher Röhrenquerschnitte f der Pressung auf den gleichen Querschnitt gleich ist. Bezeichnet man die letztere mit p und das spez. Gewicht der Flüssigkeit mit γ, so findet für die Flächeneinheit statt

$$p = h\,\gamma.$$

Demnach lässt sich die Pressung an der Höhe h messen und an einer Skale s direkt ablesen. — Die Höhe h hängt unter gleichen Umständen also von dem spez. Gew. der Flüssigkeit ab und ist um so kleiner, je grösser das letztere ist. Füllt man dieses sog. offene Hebermanometer mit Wasser, dessen spez. Gew. = 1 ist, so erlangt die Höhe h bei nur 1 *kg* Druck auf 1 *qcm* schon die bedeutende Grösse von 10 *m*; nimmt man statt dessen Quecksilber vom spez. Gew. = 13,6, so beträgt die Höhe h nur 735 *mm*. Aus diesem Grunde verwendet man Wasser oder noch leichtere Flüssigkeiten (Alkohol, Petroleum) nur in Fällen, wo sehr geringe Pressungen zu messen sind, dahingegen Quecksilber bei Pressungen bis etwa 6 Atm., mitunter Glyzerin.

Um die immerhin bei mehreren Atmosphären bedeutende Länge der

Röhren offener Hebermanometer zu beschränken, sowie einen festen Skalenanfangspunkt zu ermöglichen, hat man die Gefässmanometer (Fig. 212) konstruirt, bei welchen statt der unteren Schenkel ein passender Behälter B angebracht ist, in dem sich die betreffende Flüssigkeit befindet. Das Steigrohr b c reicht in dieses Gefäss stets bis unter den Flüssigkeitsspiegel, so dass, je nach dem Drucke auf letzteren der Inhalt, gewöhnlich Quecksilber, in dem Steigrohr bis zur Gleichgewichtslage aufsteigt. Der Spiegel in dem Gefässe B sinkt in diesem nach dem umgekehrten Verhältnisse der Querschnitte, also bei gehöriger Weite des Gefässes B um so bedeutend weniger, als in dem Schenkel a b des Heberbarometers, dass bei einem Verhältnisse von etwa 100 : 1 diese Spiegelsenkung für gewöhnliche Verwendungen der Manometer ausser betracht bleibt, wodurch der Anfangspunkt fest angenommen werden kann.

Die offenen Heber- und Gefässmanometer werden entweder aus Glas- oder Eisenröhren hergestellt. Namentlich zieht man für kleine Drücke Glasröhren vor, weil diese ein direktes Ablesen des Flüssigkeitsstandes gestatten. Gebräuchlicher und der grossen Festigkeit wegen zweckmässiger sind Manometerröhren aus Eisen, obwohl der Flüssigkeitsstand nur mit Hilfe eines Schwimmers mittelbar erkannt werden kann, der (Fig. 212) an einer Schnur hängt, die über die Rolle t geht und einen an der Skale z sich bewegenden Zeiger s trägt. Bei einzelnen Ausführungen findet sich eine Vereinigung von Glas- und Eisenröhren, indem der Teil längs der Skale aus Glas besteht.

Zu den Gefässmanometern gehört auch das in Fig. 213 dargestellte Wassermanometer, welches ganz in Glas ausgeführt ist und in einem weiteren Glascylinder A besteht, das mittels eines angeschmolzenen Rohres a mit der auf Druck zu untersuchenden Flüssigkeit in Verbindung gebracht wird, z. B. durch einen Kautschukschlauch. Im Inneren dieses weiteren Glasrohres befindet sich, ebenfalls eingeschmolzen, ein Steigrohr s mit einer passenden Teilung und einer Oeffnung c zum Eintritt des in A vorhandenen Wassers, das in s um so höher steigt, je grösser der Druck ist. Namentlich zum Messen des kleinen Druckes, unter welchem Gase oft zu stehen pflegen (in Gasanstalten u. dergl.) ist dieses Manometer viel in Gebrauch.

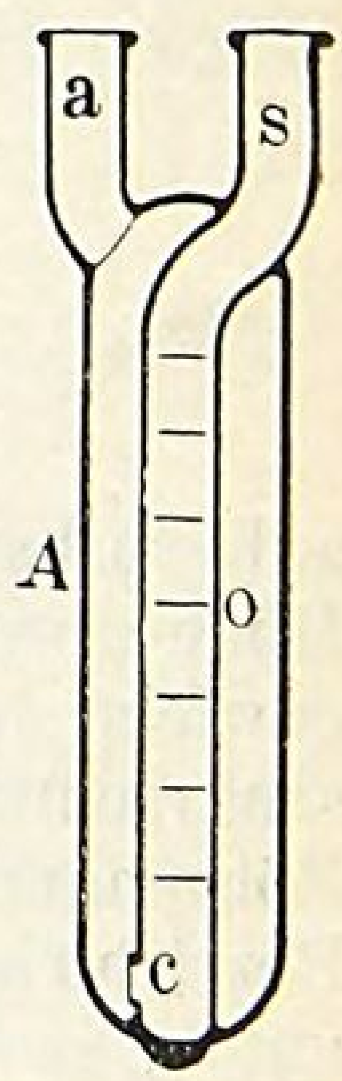


Fig. 213.

Ein sehr empfindliches, der Klasse der Gefässmanometer angehörendes Gasmanometer (Langen-Lux) besteht aus einem unten und oben geschlossenen Glascylinder von 30 *mm* Weite, an welchen unten seitwärts ein Steigrohr von 5 *mm* Weite und 20 *cm* Höhe angeschmolzen ist. Zum Zutritt des Gases befindet sich im Cylinderboden eingeschmolzen ein etwa 6 *mm* weites Glasrohr, das, oben auf 2 *mm* zusammengezogen, beinahe bis an die Cylinderdecke reicht und mit dem aus dem Boden herausragenden Ende mittels eines Messingstückes mit Hahn an die Gasleitung angeschlossen wird. Dieser Apparat ist mit Petroleum gefüllt, um für die kleinsten Druckunterschiede benutzbar zu werden.

Wird das obere Ende des Steigrohres eines Heber- oder Gefässmanometers geschlossen, so presst die aufsteigende Flüssigkeit das im Rohre über derselben stehende Gas, gewöhnlich Luft, nach dem Mariotte'schen Gesetze zusammen und gestattet infolgedessen eine fast beliebige Verminderung der

Schenkelhöhe. Die dadurch entstehenden geschlossenen Manometer finden aus diesem Grunde vielfach Verwendung, obwohl sie notwendiger Weise durchsichtig und deshalb aus Glas hergestellt werden müssen. Erhält dieses Manometersteigrohr eine cylindrische Form, so muss naturgemäss die Teilung ungleich sein, d. h. nach oben hin stets kleiner werden. Diesen Nachteil hat man dadurch beseitigt, dass man das Steigrohr nicht cylindrisch, sondern nach oben verjüngt anfertigt.

B. Federmanometer.

Die Federmanometer erhalten als druckaufnehmende Teile federnde Körper, welche je nach der Grösse des Druckes eine mehr oder weniger grosse Formänderung annehmen und diese Formänderung auf einen Zeiger übertragen, der dieselbe im vergrösserten Maasse an einer Bogenteilung angiebt, welche unmittelbar die Druckgrösse bezeichnet. Sie unterscheiden sich wesentlich durch die verschiedenen Formen der federnden Teile, welche entweder die Gestalt runder gewellter Platten oder platt gedrückter Röhren oder in Spirallinien gebogener Drahtfedern besitzt.

Ein Manometer mit Plattenfeder ist in Fig. 214 dargestellt. Zwischen den Gehäuseteilen A und B, welche mit Schrauben (Fig. 217) zusammengehalten werden, befindet sich eine aus dünnem Stahlblech angefertigte Platte a eingeklemmt, welche mit konzentrischen Wellen versehen ist und dadurch einen bedeutenden Grad von Elastizität erhält. Drückt daher von unten her gegen diese Platte eine Flüssigkeit, so weicht sie dem Drucke nach oben aus, indem sie als Feder wirkt und mit der Druckverminderung in die ursprüngliche Lage zurückkehrt. In der Mitte dieser Platte ist ein Stift c befestigt, welcher gegen eine Stange d presst, so dass diese ebenfalls gehoben wird und dadurch ein kleines Zahnsegment e in eine

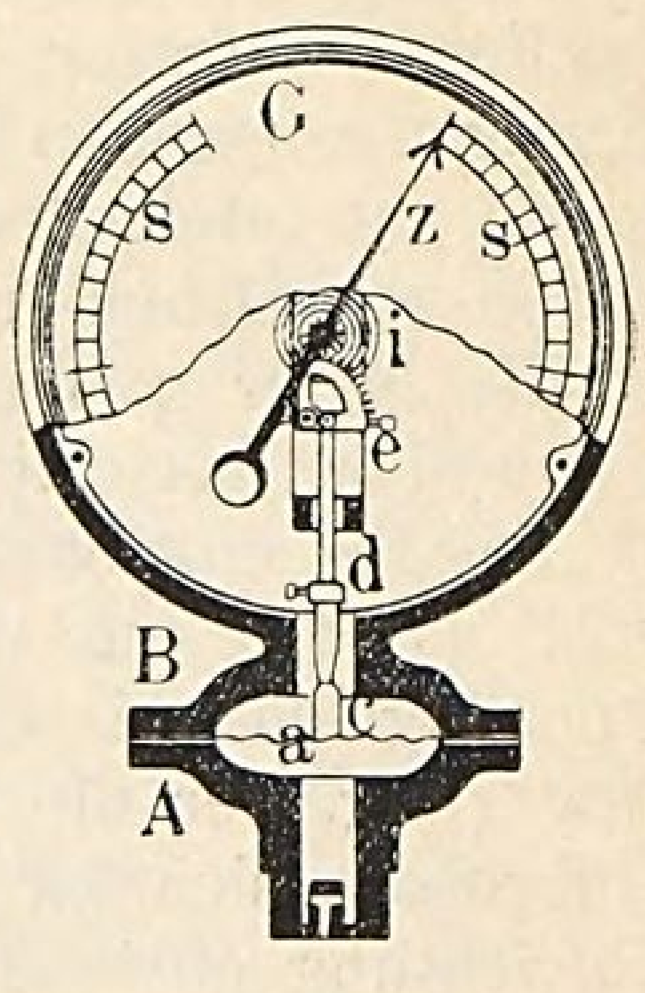


Fig. 214.

Drehung setzt, welche auf ein Zahnrädchen übertragen wird, auf dessen Achse der Zeiger z sich befindet, der an der Skale s s spielt. Bei dieser Aufwärtsbewegung der Platte und Drehung des Zeigers nach einer Richtung wickelt sich zugleich auf die Zeigerachse eine Spiralfeder i auf, welche den Zweck hat, die Rückdrehung des Zeigers und damit eine fortwährende Berührung der Stifte d und c zu sichern. Der ganze Mechanismus befindet sich in einem dosenförmigen Gehäuse G, das vor dem Zifferblatte mit einer Glasplatte abgeschlossen ist. Der Gehäusefuss A ist mit einem Schraubengewinde zur Verbindung mit dem Rohre versehen, welches die Druckflüssigkeit zuführt, die zur Vermeidung von Stössen auf die Platte durch einen Labyrinthgang eintritt. — Von dieser gewöhnlichen Konstruktion kommen verschiedene Abweichungen vor, die sich wesentlich aber nur auf die Feder beziehen, indem man diese mitunter aus zwei Platten bildet, die am Rande mit einander verbunden sind und somit eine Dose bildet, welche in dem Gehäuseteil b hängt und die Empfindlichkeit steigert. — Sehr zweckmässig ist die Anordnung (Rosenkranz), bei welcher die Platte a an einem besonderen zwischen A und B eingeklemmten Ringe befestigt ist,

weil dadurch ungleichmässige Spannungen in der Platte vermieden und letztere leichter ausgewechselt werden können.

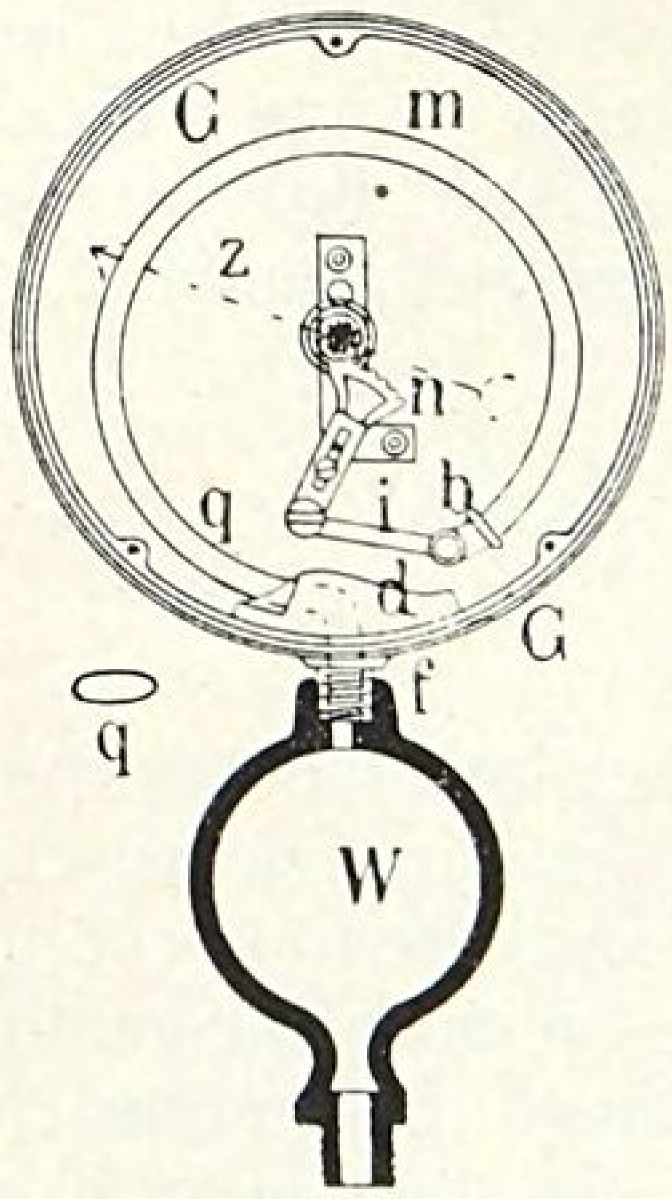


Fig. 215.

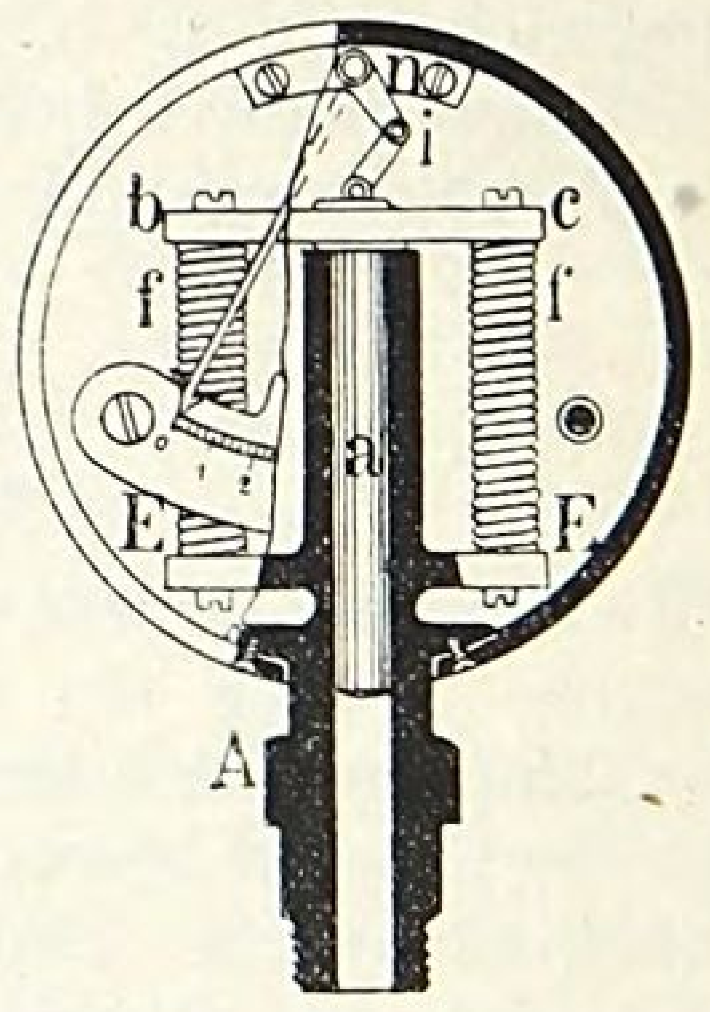


Fig. 216.

Die gewöhnliche Ausführung eines Manometers mit Röhrenfeder geht aus Fig. 215 hervor. Die Röhrenfeder (Bourdon) q b besteht aus einem kreisförmigen gebogenen Kupfer-, Messing-, oder Stahlrohr von elliptischem Querschnitt q und hat infolgedessen das Bestreben sich zu strecken, wenn im Innern desselben ein Druck hervorgebracht wird. Um diese Eigenschaft auszunutzen, ist die Feder q b mit dem im Gehäuse G G sitzenden Stücke d derart verbunden, dass die Druckflüssigkeit durch den Schraubenzapfen f direkt in dieselbe eintreten kann. Da nun das Ende q dieser Feder festgehalten wird, so folgt nur das andere Ende b der Bewegung, setzt aber durch das Zugstängelchen i das Segment n, genau wie oben erklärt, den Zeiger z in Bewegung, der die Druckgrösse, also auch jede Druckänderung auf einem Zifferblatte sichtbar macht. — Ueber die wichtigsten von dieser einfachen Einrichtung abweichenden Konstruktionen ist folgendes zu bemerken. Vielfach wird die Feder q b nicht mit dem einen Ende a, sondern mit der Mitte m in d befestigt, so dass beide Enden spielen können und die Bewegungen mittels eines Hebels auf das Segment übertragen. — Zur Erreichung eines grossen Ausschlages des Zeigers ohne Anwendung von Segment mit Zeiger wird die Röhrenfeder sehr lang gemacht und spiralig gewunden, so dass etwa anderthalb Gänge entstehen und das freie Ende nach oben zu liegen kommt, welches als Verlängerung einen Zeiger trägt, der an einer Skale spielt.

In Fig. 216 ist ein Manometer dargestellt, bei welchem der Druck von zwei gewundenen Drahtfedern f, f aufgenommen wird. Zu dem Zwecke besteht das Manometer aus dem die Druckflüssigkeit einlassenden Körper A, der eine cylindrische Bohrung besitzt, in der ein dicht anschliessender Kolben a sich bewegt. Das obere Ende dieses Kolbens trägt eine Traverse b, c, an welcher die zwei Spiralfedern f f angreifen, die an den Armen des Körpers A E E festgehalten werden. Die Uebertragung der durch den Flüssigkeitsdruck dem Kolben a mitgeteilten Bewegung auf den Zeiger erfolgt in einfacher Weise durch das Zugstängelchen i, Hebel n und die Achse des Zeigers.

C. Gewichtsmanometer.

Die Gewichtsmanometer, welche am seltensten Anwendung finden, unterscheiden sich von den Drahtfedermanometern nur dadurch, dass der Kolben a statt mittels sich spannender Federn mit Gewichten belastet wird, welche eine auf dem Kolben ruhende Schale aufnimmt, oder auch zum Zwecke einer Uebersetzung wie bei dem Sicherheitsventil (S. 107) an einem Hebel hängen, welcher auf dem Kolben seinen Stützpunkt erhält. — Bei diesen Manometern ändert sich die Gegenpressung nicht wie bei den Flüssigkeits- und Federmanometern selbstthätig mit dem Drucke, weshalb sie auch fast nur dazu dienen, die anderen Manometer zu prüfen. — Nach Art der bekannten Pendelwagen ausgeführt, bei denen das Gewicht an einem Hebel hängt, der zugleich an einem Quadranten spielt, ist auch hier eine selbstthätige Ausgleichung erzielt. Von dieser Ausführung macht man u. a. Gebrauch, um die Pressung bewegter Luft oder Gase in Röhren ausfindig zu machen (Zugmesser). Man hängt zu dem Zwecke in dem Rohre an einer Stange eine Metallplatte von bestimmtem Gewichte auf, so dass der Luftstrom gegen die Platte trifft, welche nunmehr aus der Vertikalebene heraustritt und eine Stellung annimmt, welche je nach der Druckgrösse mehr oder weniger von der vertikalen abweicht und leicht durch Zeiger erkennbar wird (Pendel-Manometer).

D. Vakuummeter.

Die sog. Vakuummeter, bei welchen es sich um die Angabe einer Pressung von einer Atmosphäre bis Null oder gewöhnlich nur bis zu einem gewissen Atmosphärenteil abwärts (Unterdruck) handelt, unterscheiden sich in der Grundanlage nicht von gewöhnlichen Manometern. Es tritt bei ihnen nur eine umgekehrte Wirkung und demgemäss ein entgegengesetzter Stand der Zeiger oder der Flüssigkeit ein, welchem die Skaleneinteilung anzupassen ist. — Vielfach versieht man die Ueberdruckmanometer auch mit Unterdruckskalen z. B. für Imprägnirungs- und ähnliche Apparate, in welchen Ueberdruck mit Unterdruck abwechselt. Selbstverständlich lassen sich auch an solchen Manometern Registrirvorichtungen (s. u.) anbringen.

E. Registrirmanometer.

Zahlreiche Anwendungen der Manometer bezwecken nicht nur eine einfache jeder Zeit erkennbare Druckangabe, sondern auch eine Druckkontrolle insofern, als mit ihrer Hilfe entweder nur der vorgekommene niedrigste und höchste Stand innerhalb einer gewissen Zeit angegeben werden soll, oder als es beabsichtigt ist, während einer Betriebsdauer z. B. eines Arbeitstages sämtliche Druckschwankungen in zeitlicher Reihenfolge kennen zu lernen. — Für den ersten Fall genügt sehr oft die Anbringung sog. Minimum- und Maximum-Zeiger, welche von dem Manometerzeiger mitgeschoben werden, allein nach Rückkehr des letzteren an der Stelle stehen bleiben, bis zu welcher sie vorgerückt wurden. Mit Hilfe der Zeiger lässt sich auch sehr leicht bei einem bestimmten Stande der Schluss eines elektrischen Stromes und damit die Ingangsetzung eines Läutewerkes u. dergl. bewirken, um bei Ueber- oder Unterschreitung eines Druckes auf Entfernung deutliche Zeichen zu geben.

Die sicherste Kontrolle über die vorkommenden Druckschwankungen gestattet ein mit dem Manometer verbundener Schreibapparat, dessen wesentliche Einrichtung aus Fig. 217 hervorgeht. Neben dem Manometer M befindet sich auf einem Seitenarm A eine cylindrische Trommel T, welche mit einem leicht auswechselbaren, durch vertikale und horizontale Linien geteilten Papierblatte bedeckt ist. Die Abstände der horizontalen Linien entsprechen bestimmten Druckgrössen, gewöhnlich *kg*, die Abstände der vertikalen Linien dahingegen Zeiten, gewöhnlich Stunden. Innerhalb der Trommel liegt ein einfaches Uhrwerk, welches die Trommel regelmässig, z. B. 1 mal in 12 Stunden herumdreht. Vor der Trommel schwebt ein Schreibstift i, welcher durch einen in der Figur genügend erkennbaren Lenker eine vertikale Geradeführung erhält, im übrigen aber an die Trommel b angepresst wird. Der bei o drehbar aufgehängte Lenkerarm m o steht mittels eines kurzen Gelenkes n in Verbindung mit einer Stange o p, die an dem von der Feder aus bewegten Segment befestigt ist und daher diese Bewegung durch den Lenker auf den Stift überträgt, der nunmehr sämtliche während der beliebten Zeit vorkommende Drücke in einer zusammenhängenden Linie auf dem Papierblatte verzeichnet. Diese Linie (Druckkurve) giebt durch ihren Verlauf die genaueste Auskunft nicht nur über die Druckschwankungen überhaupt, sondern auch über die Tageszeit, zu welcher sie stattgefunden, sowie selbstverständlich über die höchsten und niedrigsten Drücke.

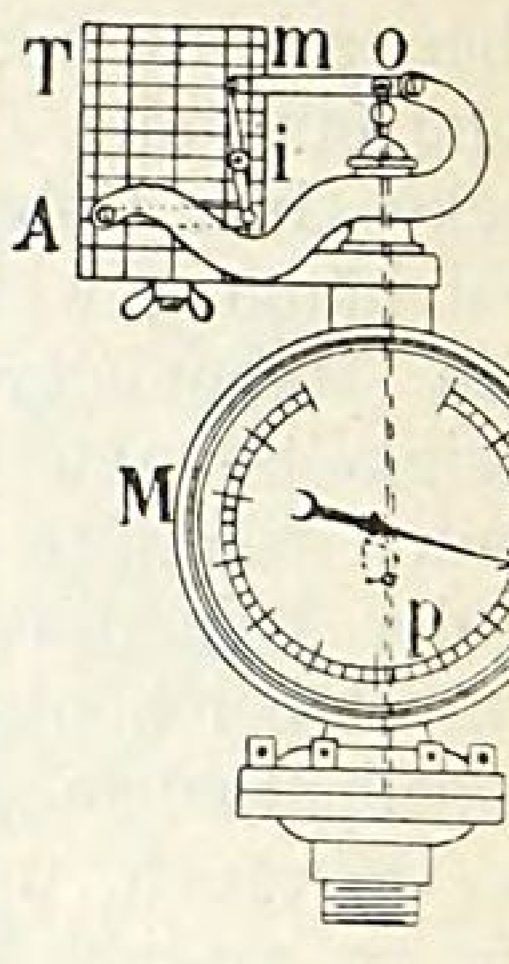


Fig. 217.

Ein selbstregistrirender Druckmesser für Gase (Pintsch), der sehr empfindlich und zuverlässig ist, hat folgende Einrichtung. Ein aufrechtstehendes Gefäss ist durch eine fast auf den Boden reichende Mittelwand in zwei kommunizirende Gefässe verwandelt, worin eine Flüssigkeit (Wasser, Glyzerin etc.) so lange in gleicher Höhe steht, als der Druck über beiden Flüssigkeiten der gleiche bleibt. Das eine hermetisch verschlossene Gefäss steht mit der Leitung des Gases in Verbindung, dessen Druckschwankungen aufgezeichnet werden sollen. In jedem Gefässe befindet sich ein Schwimmer, die beide mit einander durch eine Kette verbunden sind, welche über eine an dem Gefässboden gelagerte Rolle läuft. Durch den Eintritt des Gases senkt sich der eine Wasserspiegel mit dem Schwimmer, während der andere sich mit dem Schwimmer hebt. Von dem letzteren geht nun eine Stange nach oben in einen Raum, in welchem eine durch eine gewöhnliche 8 Tageuhr in Gang gesetzte, mit Papier überzogene Schreibtrommel angebracht ist. An der Schwimmerstange befindet sich ein mit einer Farbe gefülltes Glasröhrchen, welches sich sanft an die Trommel anlehnt und eine Kurve aufzeichnet, wie oben beschrieben wurde.

Registrirmanometer zeigen ausserdem die Geschwindigkeit der Druckzunahme, die Dauer des höchsten Druckes, die Geschwindigkeit und Dauer der Druckabnahme und in den Fällen, in welchen sich innerhalb eines gewissen Zeitabschnittes eine Anzahl Pressungen, entsprechend einem Arbeitsvorgange, wiederholt, auch diese Zahl an, z. B. beim Betriebe hydraulischer Pressen in zahlreichen Industriezweigen (Stearinpressen, Strohhutpressen, Tuchpressen etc.).

Da in geschlossenen Kochapparaten, in welchen Wasserdämpfe erzeugt

werden, die Temperaturen in einem konstanten Verhältnisse zur Spannung stehen, so kann für solche Fälle das Manometer auch als Thermometer und Wärmeregistrirapparat dienen und, mit einer entsprechend geteilten und angebrachten Skale versehen, als solche gebraucht werden.

Bei der Anbringung von Manometern zur Druckbestimmung heisser Flüssigkeiten (Wasserdampf etc.) ist dafür Sorge zu tragen, dass dieselben möglichst gegen den Einfluss von Wärme geschützt werden, da letztere vermöge der hervorgerufenen Ausdehnung schädlich einwirkt, indem sie nicht nur die Angaben ändert, sondern auch bei den Federmanometern die Elastizität nach und nach schwächt. Es ist demnach Regel, den unmittelbaren Zutritt des Dampfes zum Manometer zu umgehen, indem man an dem Manometerzapfen ein sog. Wassersackrohr anbringt, das entweder U förmig, S förmig, oder kreisförmig (Fig. 191 S. 132) gebogen ist und genügend Wasser enthält, um damit das Manometer zu füllen. Zugleich wird durch ein solches Wassersackrohr auch der Stoss geschwächt, mit dem die gedrückte Flüssigkeit in das Manometer oft eintritt. Noch zweckmässiger erscheint zur Abhaltung des Stosses die Einschaltung eines kleinen Windkessels W (Fig. 215), namentlich, wenn das Manometer zum Messen von Druck in Wasserleitungen u. dergl. bestimmt ist.

Gegen äussere Verletzungen schützt man die Manometer durch ein Gitter aus starkem Draht, gegen unbefugtes Oeffnen derselben durch Vorhängschlösser, während eine Plombe das Entfernen von ihren Sitzen verbietet.

Es ist begreiflich, dass die Manometer zu den wichtigsten Apparaten an Dampfkesseln u. s. w. gehören und demnach öfter auf die Zuverlässigkeit ihres Ganges zu prüfen sind, wozu besondere Kontrollmanometer von sonst gleicher Einrichtung, oder vielfach Quecksilbermanometer gebraucht werden. Um jedoch auf einen etwaigen Fehler im Gange sofort aufmerksam zu werden, ist die Anbringung zweier Manometer zu empfehlen. Da angenommen werden kann, dass beide richtig zeigen, wenn sie gleich zeigen, so deutet umgekehrt eine Abweichung beider Zeiger auf einen Fehler hin, dessen Grösse nach dem Maasse der Abweichung zu schätzen ist. Der Einfachheit halber bringt man dann wohl beide Federn, z. B. Röhrenfedern, in einem Gehäuse (Fig 204) symmetrisch in dem Stücke d an (Doppelmanometer) und lässt sie auf zwei Zeiger wirken, die an derselben Skale spielen, also aufeinander liegen und sich bei gleichem Stande stets decken, oder die getrennt auf zwei neben einander angebrachten Skalen sich bewegen.

In dunklen Räumen ist für eine solche Beleuchtung der Manometer Sorge zu tragen, dass ein Irrtum infolge schlechter oder falscher Beleuchtung z. B. durch Schattenwerfen der Zeiger ausgeschlossen ist. Man wendet am zweckmässigsten durchscheinende Zifferblätter an, die man von rückwärts beleuchtet und zwar mit Hilfe einer Lampe, die in das Manometergehäuse so eingeschoben und angebracht wird, dass keine Erwärmung der Manometerteile erfolgen kann. Bei zwei neben einander sitzenden Manometern befindet sich eine Lampe, ein Glühlicht etc. zwischen denselben.

II. Druckregler.

Beim Durchfliessen einer Flüssigkeit durch ein Rohr vom Querschnitte

F mit der Geschwindigkeit v, unter der Vorraussetzung, dass sich die Dichtigkeit nicht ändert und unter Nichtberücksichtigung der Widerstände bestimmt sich die Menge Q dieser Flüssigkeit aus der Formel:

$$Q = v\ F.$$

Indem nun die Geschwindigkeit v von dem Drucke abhängt, unter dem die Flüssigkeit steht, so folgt aus dieser Gleichung, dass die Durchflussmenge sowohl mit dem Drucke als mit dem Querschnitte wächst und abnimmt und daher auch durch diese beiden Faktoren geregelt werden kann. Diejenigen Vorrichtungen, welche diese Regelung selbstthätig bewirken und den Namen Druckregler führen, beruhen fast ausschliesslich auf dem Prinzipe, den Flüssigkeitsdurchgang durch Vergrösserung oder Verkleinerung einer Stelle in der Leitung zu verändern und dadurch bei Druckwechsel einen konstanten Druck in dieser Leitung zu sichern. Die Veränderung des Durchgangquerschnittes erfolgt gewöhnlich durch Ventile, deren Stellung sich genau und sicher dem Drucke anpasst, so dass sich die Druckregler hauptsächlich nur durch jene Vorrichtungen unterscheiden, welche dieses Anpassen selbstthätig bewirken. Diese Beweger sind nun entweder Glocken, gespannte Membrane, Kolben, Bälge, Federn oder Schwimmer, welche, um den für den Betrieb erforderlichen Normaldruck einzustellen, in Verbindung mit Federn und Gewichten zur Anwendung kommen und je nach dem Bedürfnisse mehr oder weniger empfindlich veranlagt werden. — In solchen Fällen, in welchen der Druck in den Nebenleitungen kleiner als in den Hauptleitungen gehalten werden soll, heissen diese Apparate Druckreduzirventile.

A. Glockendruckregler.

Ein Glockendruckregler (Ledig) von grosser Empfindlichkeit, zunächst zur Regelung der Gasausströmung in Gasfabriken bestimmt, ist in Fig. 218 dargestellt. Derselbe besteht dem Wesen nach aus dem mit Wasser gefüllten cylindrischen Gefässe A, dem darunter vorhandenen Ventilgehäuse B und der das Ventil v tragenden Glocke E G E. Das Ventilgehäuse B zerfällt in die Gaseintrittskammer C und die Gasaustrittskammer D, welche durch das Ventilrohr R in Verbindung stehen. Die Glocke E G E besitzt in der Mitte die durch das Wasser in A abgeschlossene Kammer G vom Ventildurchmesser und einen rund herumlaufenden mit Luft gefüllten Schwimmer F F, welcher der Glocke einen kräftigen Auftrieb erteilt. Von der Eintrittskammer C gelangt das Gas durch das Rohr H in die Glockenkammer G; und aus der Austrittskammer D durch das Rohr J in die grosse Glockenkammer E E. Da nun das Ventil v an der Glocke hängt, so wird bei einer bestimmten Belastung

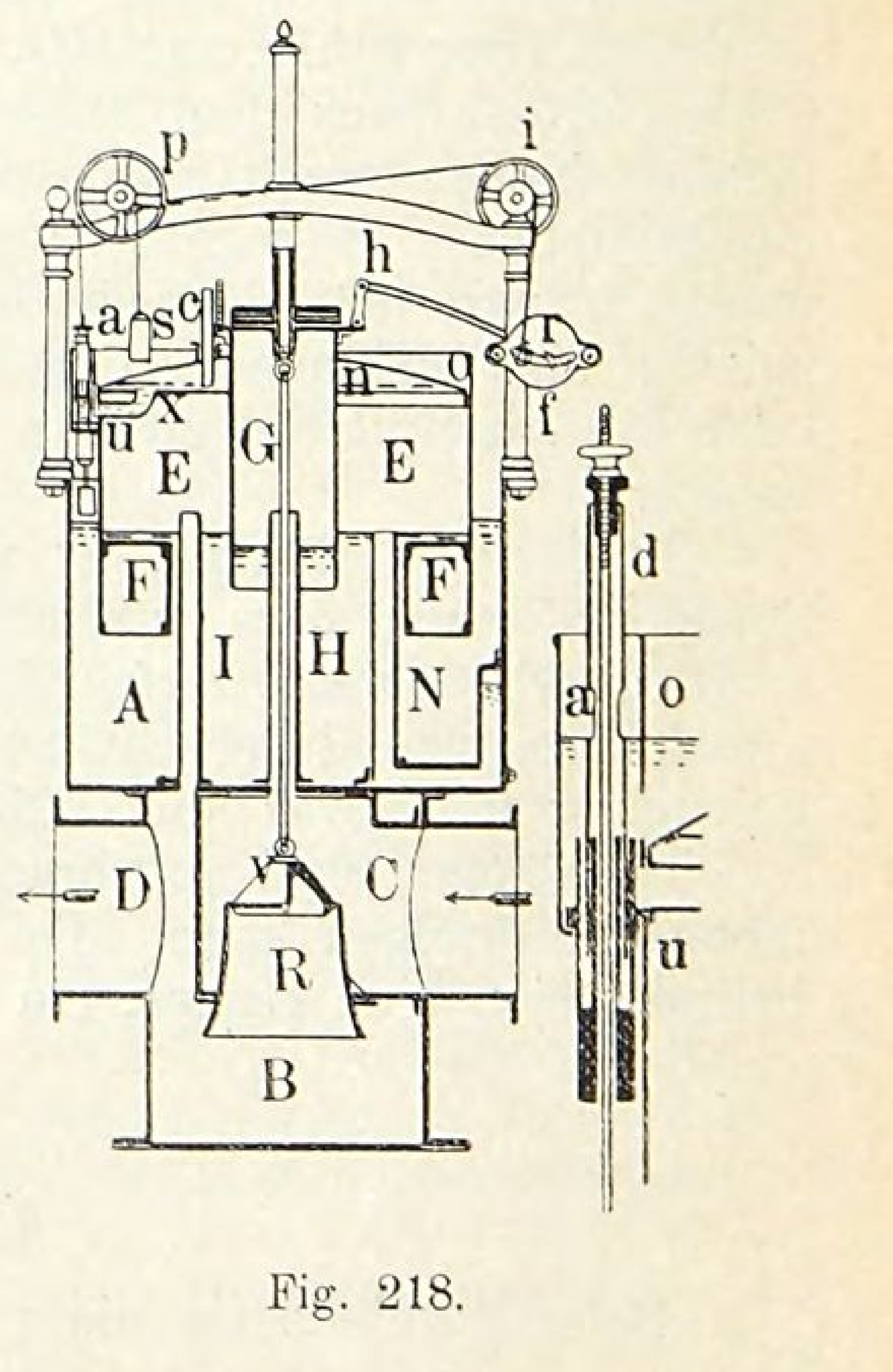


Fig. 218.

der Glocke der Auftrieb derselben soweit zu vermindern sein, dass zwischen dem Leitungsdruck in D und der Glocke ein Gleichgewichtszustand sich herstellt, welcher bewirkt, dass beim Ausströmen des Gases in die Leitung und bei der damit zusammenhängenden Druckverminderung unter der Glocke, sich die Glocke und somit das Ventil stets selbstthätig in diejenige Höhenlage einstellt, welche genau so viel Gas durch die Ventilöffnung in das Ventilrohr R hindurchlässt als nötig ist, um den Leitungsdruck auf der der Belastung entsprechenden Höhe zu erhalten. Bei einer Vermehrung des Ausgangsdruckes dagegen hebt sich die Glocke und verkleinert die Ventilöffnung.

Zur wechselnden Belastung dienen die mit der Glocke verbundenen zwei Gefässe n und o, wovon o offen und n geschlossen ist. Aus dem Wasserrohre x läuft Wasser in das Gefäss n und von diesem durch ein Seitengefäss u und das Rohr a nach o, um dieses bis zu der unteren Kante eines in der Höhenlage verstellbaren Luftrohres c zu füllen. Ausserdem befindet sich in dem Seitengefässe u ein Ablaufrohr d, welches in einer ringförmigen Büchse mit Quecksilber sich unter Abschluss auf- und abbewegen kann. Dieses Rohr hat einige Längenschlitze, so dass das Wasser aus dem Gefässe n durch das Rohr in das Gefäss A soweit abläuft, bis es die unteren Kanten der Schlitze erreicht hat. Je höher dieses Rohr d daher steht, je mehr Wasser befindet sich in o und umgekehrt. Mittels einer Abhängigkeit der Bewegung dieses Ablaufrohres d von der Bewegung der Glocke ist demnach eine ausserordentliche Empfindlichkeit in der Druckbelastung erzielt. Zum Zwecke einer solchen Bewegungsvermittlung ist an der Glocke ein Gelenk h angebracht, welches infolge einer Glockenbewegung die mit einer Kulisse r versehene Scheibe f in Drehung versetzt, welche Drehung mit Hilfe eines mit der Kulisse verbundenen Metallbandes auf eine kleine und mittels eines zweiten durch das Gewicht s gespannten Bandes von der Rolle i auf die Rolle p übertragen wird. Auf der Achse dieser Rolle p sitzt eine zweite Rolle, welche ein Band aufnimmt, das das Ausflussrohr d mit dem Gegengewicht s trägt. Sowie sich daher die Glocke senkt, bewegt sich auch das Ausflussrohr abwärts; dadurch sinkt der Wasserspiegel im Gefässe o und vermindert die Belastung, wodurch die Glocke wiederum steigt, bis das Gleichgewicht zwischen ihr und dem Gasdruck hergestellt ist. Die genannte Kulisse r gestattet dabei durch eine Verschiebung des Angriffspunktes des Zugbandes eine genaue Regelung der Bewegungsgrösse des Ausflussrohres d, während das Rohr N den Wasserstand in A konsant hält. Befindet sich z. B. der Angriffspunkt an der Kulisse in der Mitte, so tritt keine Bewegung des Ausflussrohres ein.

Für solche Zwecke, bei welchen eine grosse Genauigkeit und Empfindlichkeit eines Druckreglers nicht gefordert wird, kann derselbe wesentlich vereinfacht und auf die Glocke mit angehängtem Ventil beschränkt werden. — Als Beispiel eines solchen einfachen Druckreglers darf der in Fig. 219 dargestellte, namentlich in Gasfabriken ziemlich allgemein gebrauchte Glockenregler (Clegg) gelten. Derselbe besteht aus einem gusseisernen, mit Wasser gefüllten Gefässe A, mit dem zentrischen Einlaufstutzen a, dem Ventilgehäuse v, dem Austrittstutzen c und der Glocke H. Diese Glocke besitzt in der Mitte eine Führungsstange f, welche zugleich das parabolisch geformte Ventil b trägt, und einen hohlen Schwimmerring E, dessen Auftrieb das Gewicht der Glocke nebst Ventil etc. ausgleichen soll. Tritt nun

bei a das Gas unter einem bestimmten Druck ein, so wird sich die Glocke bei jeder Druckvermehrung heben und bei jeder Druckverminderung senken und somit eine Verkleinerung oder Vergrösserung der Ventildurchgangsöffnung nach sich ziehen.

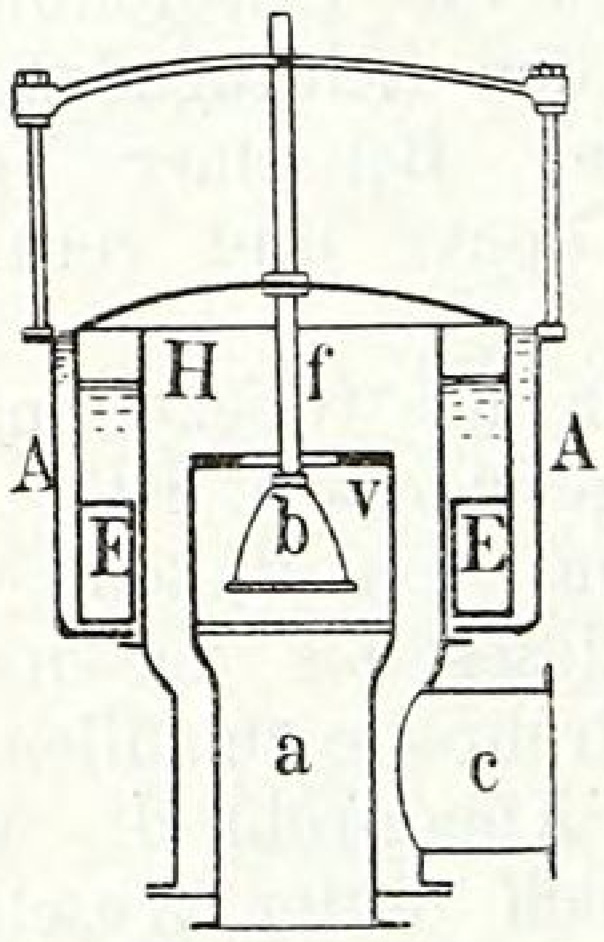


Fig. 219.

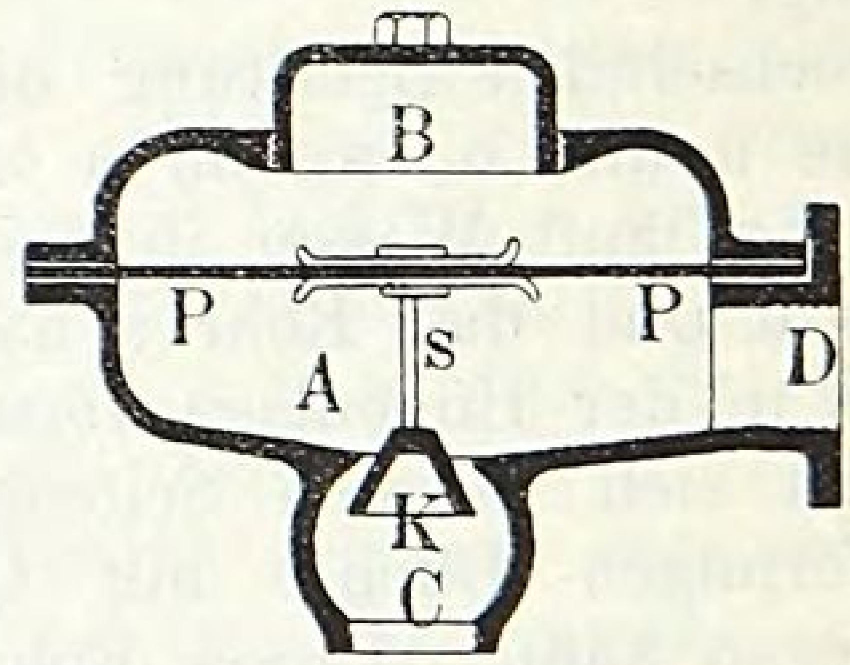


Fig. 220.

Zu den Glockendruckreglern gehört auch das sog. Rheometer (Giroud). Derselbe bildet ein geschlossenes cylindrisches Gefäss, auf dessen Boden sich in der Mitte eine cylindrische Büchse befindet, so dass zwischen Büchse und Gefässwand ein ringförmiger Raum zur Aufnahme einer Flüssigkeit bleibt, in welche eine Glocke eintaucht. Durch die zentrisch gelegene Büchse tritt das Gas etc. unter die Glocke. Die letztere trägt auf der Oberfläche in der Mitte einen mit der Spitze nach oben gekehrten Kegel, der als Ventil wirkt und beim Heben der Glocke den ebenfalls zentrisch oben auf dem Gefässe angebrachten Ausströmungsstutzen mehr oder weniger verschliesst. Das unten zutretende Gas gelangt nun durch ein in dem Glockengewölbe vorhandenes Loch zu dieser Ausströmung und regelt die Ventilstellung durch die Druckunterschiede über und unter der Glocke. — Statt der Glocke, welche unter allen Umständen einen Abschluss durch Eintauchen in eine Flüssigkeit (Wasser, Glyzerin, Oel etc.) notwendig macht (nasse Regler) verwendet man zu einem Rheometer auch wohl nur eine runde Scheibe aus Blech, welche an einer Spindel geführt wird und auf der Oberfläche einen Ventilkegel aufnimmt, während das Gas durch einen kleinen Spielraum zwischen Scheibenrand und Gefässwand zum Ausgang strömt (trockene Regler).

An die Glockendruckregler schliessen sich diejenigen an, bei denen die Glocke durch einen Balg, gewöhnlich nach der Form einer cylindrischen Ziehharmonika aus Leder, neuerdings auch aus Blech (Siemens), sowie durch Gummibeutel ersetzt ist. Die ersteren stehen wenig in Gebrauch.

B. Plattendruckregler.

Sehr zweckmässig sind die Druckregler, bei welchen eine elastische Platte wie bei den Manometern als Ventilbeweger dient. Eine typische Anordnung derselben, die als Grundlage anderer gelten kann, zeigt Fig. 220. Zwischen den beiden Gefässteilen A und B ist eine elastische Platte P P

ausgespannt, welche in der Mitte zur Versteifung mit tellerförmigen Blechscheiben belegt und mit einer Stange s versehen ist, die einen Ventilkegel K trägt, der in dem Ventilgehäuse C spielt. Die in C eintretende Flüssigkeit passirt das Ventil und presst gegen die mit bestimmter Spannung versehene Platte P P, um unter diesem Druck aus dem Stutzen D weiter zu fliessen. Je nach der durch den Flüssigkeitsdruck hervorgerufenen Durchbiegung der Platte oder Membran stellt sich das Ventil K und somit die Durchgangsöffnung ein.

Die zu den trockenen Druckreglern gehörenden Plattendruckregler sind ausserordentlich verwendbar und demgemäss auch sehr viel in Gebrauch, weil sie sich durch Einfachheit auszeichnen, sowie den verschiedensten Gebrauchszwecken durch passende Wahl des Plattenmaterials und der Ventile anpassen und mit Regulirvorrichtungen versehen lassen. Für kleine Pressungen fertigt man die Platten aus Kautschuk, für grössere aus Leder, welches durch eine mit 30 bis 50 Prozent Mandelöl vermischte Lösung von Guttapercha in Schwefelkohlenstoff geschmeidig und dicht gehalten wird. Für die grössten Pressungen, namentlich wenn damit höhere Temperaturen verbunden sind, bestehen die Platten aus gewellten Blechscheiben (S. 155).

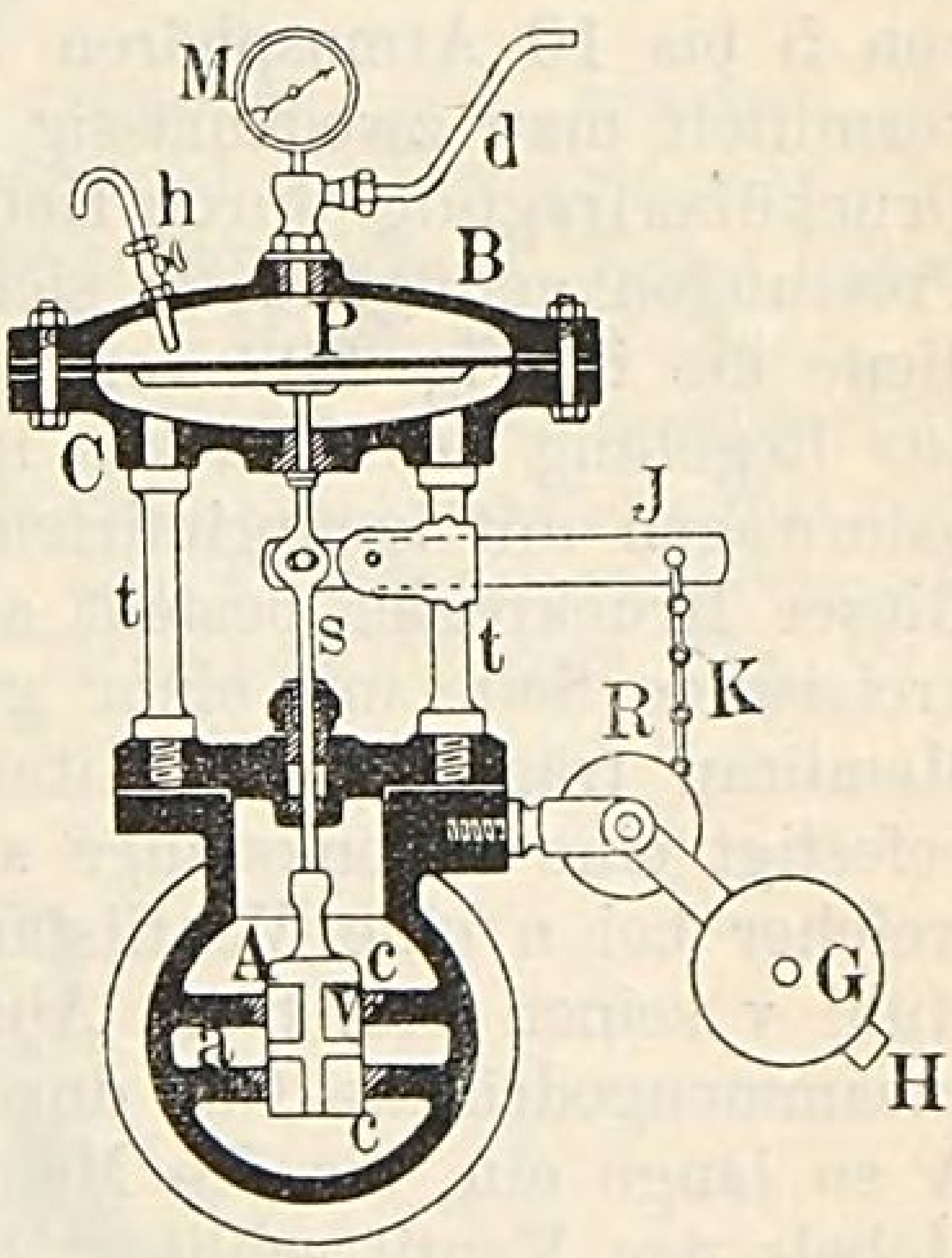


Fig. 221.

Ein Plattendruckregler (G r o n e m e y e r), welcher mit einer dem Drucke anzupassenden Einstellung oder Belastung ausgestattet ist, zeigt Fig. 221. In dem Ventilgehäuse A befinden sich auf zwei Sitzen zwei Ventile v an einer gemeinschaftlichen Ventilstange s aufgehängt, welche durch Stopfbüchsen geführt mit der Kautschukplatte P verbunden ist, die ihre Befestigung zwischen den Flanschen der Schalen B und C erhält, die von den auf dem Ventilkörper stehenden Säulen t t getragen werden. Die zu regulirende Flüssigkeit (Wasserdampf) tritt bei a in das Ventilgehäuse ein und bei c aus, nachdem sie die Ventile v passirt und auf die gewünschte Pressung durch eine Drosselung gebracht ist, welche von dem Stande der Ventile abhängt. Um diesen Ventilstand der gewünschten Pressung gemäss zu gestalten, findet zunächst in einer aus der Figur ohne weiteres ersichtlichen Weise durch das Gewicht G nebst Hebel H, Rolle R, Kette K und Hebel J eine Entlastung der Ventile und ein Druck gegen die Platte P statt, der von der Lage des Gewichtes G auf dem Hebel H bemessen wird. Ueber der Platte P wird dagegen die Pressung zur Geltung gebracht, welche die Flüssigkeit nach dem Durchgang durch die Ventile in der Leitung erhalten soll, indem diese Leitung mittels des Rohres d mit dem oberen Raum B in Verbindung steht, so dass eine Druckerhöhung in der Leitung einen Ventilschluss bewirkt und umgekehrt. Der in dieser Leitung notwendige Druck wird an dem Manometer M erkannt und durch das Gewicht G eingestellt. Zum Schutz der Membran befindet sich über derselben eine Wasserschicht, deren Höhe durch das mit einem Hahn versehene Abflussröhrchen h geregelt wird. — Dieser Druckregler findet haupt-

sächlich als Dampf- und Luftdruckreduzirventil bei Dampf- und Luftleitungen Anwendung.

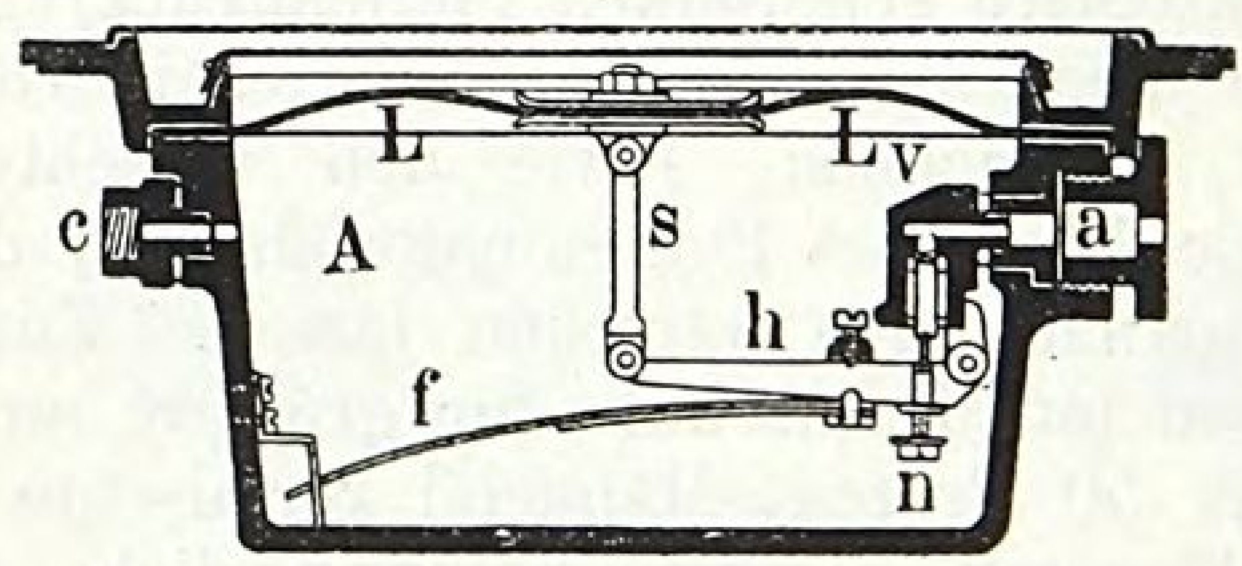


Fig. 222.

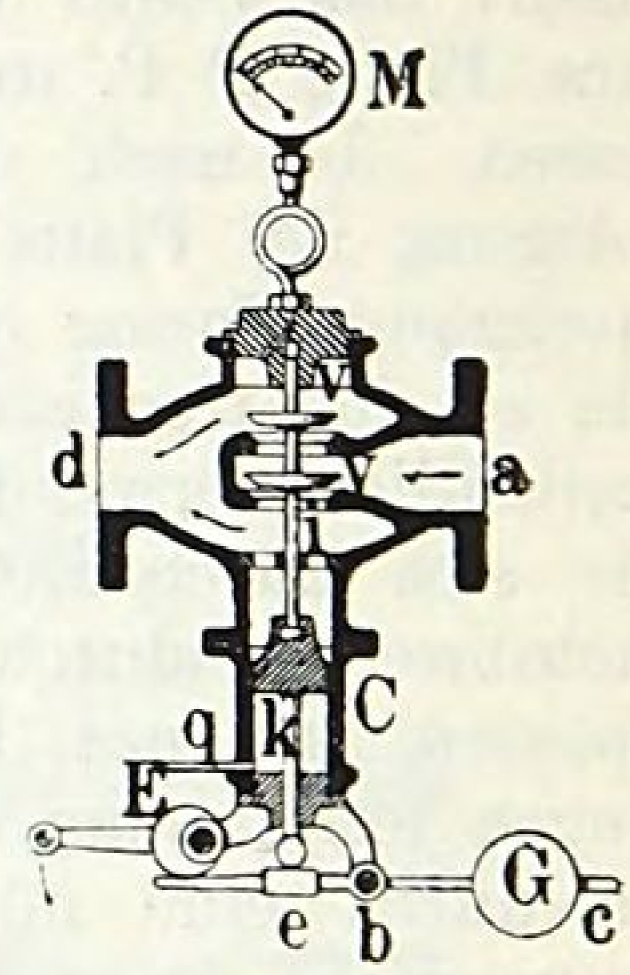


Fig. 223.

Um die Scheibendruckregler für sehr hohe Druckverminderungen z. B. von 5 bis 10 Atmosphären auf 2,5 *cm* Wassersäule geeignet zu machen, vermittelt man zweckmässig zwischen der Membran und dem Ventil die Druckübertragung durch Hebel, um den Ventilschluss auch bei diesen hohen Pressungen genügend zu sichern. Als Beispiel einer solchen Konstruktion diene die in Fig. 222 vor Augen geführte Anordnung (Pintsch), welche zur Regelung des Druckes in den Apparaten zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen mit komprimirtem Leuchtgas und ähnlichen Einrichtungen dient. Dieser Druckregler besteht aus einem gusseisernen Gefäss A, dessen obere kreisrunde Seite mit einer gasdichten Membran L L bespannt ist. Diese Membran trägt in der Mitte mit Hilfe von Blechplatten und Schrauben befestigt eine Gelenkstange s, die an einem einarmigen Hebel h angreift, welcher bei n eine Ventilstange mit einem Ventil trägt, das in dem Ventilstuhl v seinen Sitz hat. Aus dem Gasbehälter tritt das auf 6 Atmosphären zusammengedrückte Gas durch den Stutzen a und das Ventil in das Gefäss A so lange ein, bis die Membran soweit gespannt ist, dass sie vermöge des Hebels das Ventil schliesst und die Zuströmung so lange aufhebt, bis so viel Gas aus dem Austrittsrohr c entwichen ist, dass sich die Platte wieder senkt und das Ventil öffnet, worauf sich das Spiel wiederholt. Die im Gefässe A angebrachte Feder f ist dabei zur Ausgleichung des Hebelgewichts und Verhinderung von störenden Schwankungen des Hebels bestimmt.

C. Kolbendruckregler.

Ein besonders als Druckreduzirventil bei Dampfleitungen verwendeter Druckregler mit Kolben als Ventilbeweger ist in Fig. 223 vor Augen geführt. In einem Ventilgehäuse befinden sich auf gemeinschaftlicher Spindel i die zwei gleich grossen Kegelventile v v. Ausserdem trägt die Ventilspindel noch einen Kolben k, der sich in dem Cylinder C gedichtet bewegen kann, aber durch das an dem Hebel e b c wirkende Gewicht G

stets nach oben gedrückt wird, so dass die Ventile v v geöffnet sind. Die Flüssigkeit (Dampf) tritt aus der Hauptleitung bei a ein, passirt die Ventilöffnungen und begiebt sich bei d in die Nebenleitung, indem sie zugleich auf den Kolben k drückt. Da das Gewicht nun aber so eingestellt ist, dass es an dem Hebel e b c wirkend diesem bestimmten Druck auf den Kolben das Gleichgewicht hält, so bleiben die Ventile offen. Sowie der Kolbendruck mit dem Flüssigkeitsdruck wächst, presst er den Kolben k abwärts und schliesst die Ventile, die sich sofort wieder öffnen, wenn der Druck in der Nebenleitung die normale Höhe erreicht hat, was an dem Manometer M zu erkennen ist. Dieses Reduzirventil ist auch zum Absperren der Flüssigkeit eingerichtet, indem man vermittelst des Exzenters E das Ende des Hebels e b c niederdrücken und die Ventile auf ihre Sitze legen kann. Das Rohr q dient zum Ablassen der etwa nach C gelangenden Flüssigkeiten. — Bei anderen Ausführungen dieses Ventils erfolgt die Pressung gegen die untere Kolbenfläche durch eine Quecksilbersäule oder eine Spiralfeder, wobei die Druckregelung durch die Höhe der Säule oder Spannung der Feder hervorgebracht wird.

D. Federdruckregler.

Unter Federdruckreglern sind Regler zu verstehen, bei welchen die abschliessenden Organe aus Federn bestehen, während als Beweger entweder Glocken oder elastische Platten dienen. Die Grundlage dieser Regler bildet eine Spiralfeder von der Form Fig. 121 C S. 73. Diese Feder kann in dem gezeichneten Zustande als eine aus Spiralgängen zusammengesetzte Röhre angesehen werden, welche in der Längenrichtung auseinandergezogen, zwischen den Drahtwindungen den Durchgang von Flüssigkeiten gestattet. Ein mit dieser Einrichtung versehener Regler (Pintsch) zeigt Fig. 224.

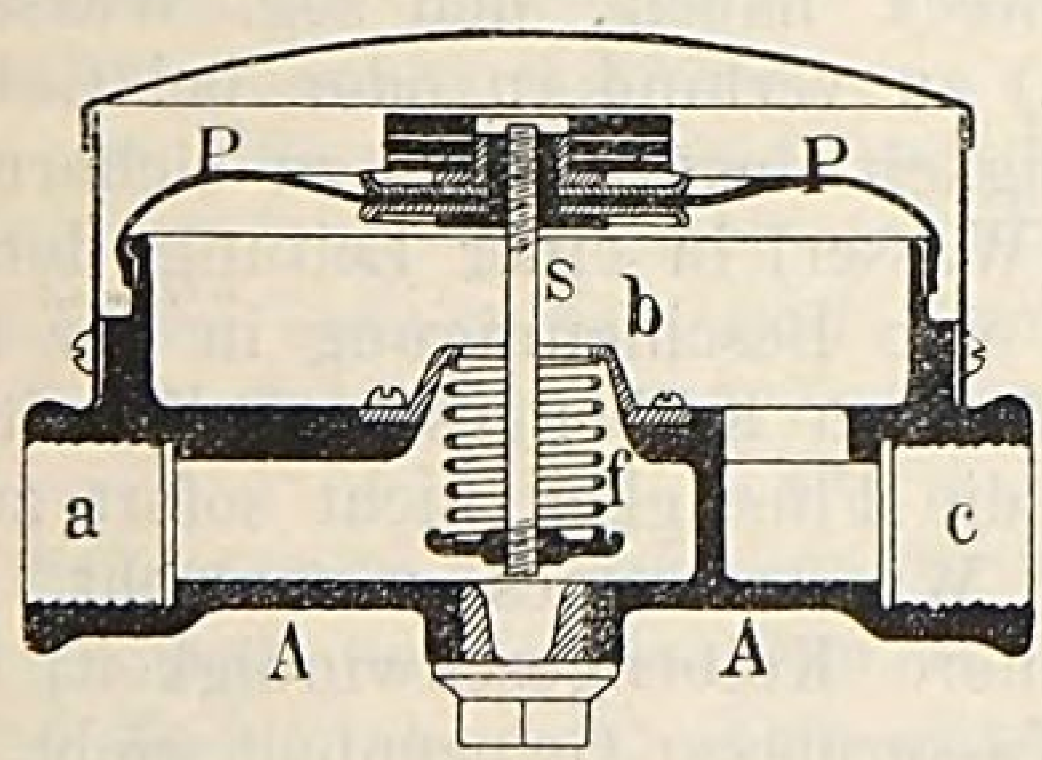


Fig. 224.

Auf dem Gehäuse A befindet sich die mit Gewichtplatten gehörig belastete elastische Platte P P. Diese Platte trägt an einer Spindel s die oben und unten dicht befestigte Spiralfeder f, welche in den Raum hineinreicht, dem durch den Stutzen a die Flüssigkeit zugeführt wird, um durch die Federgänge in den Raum b und durch den Stutzen c zum Gebrauchsort zu gelangen. Indem dieselbe auf diesem Wege gegen die Platte P presst und bei einem grösseren Druck, als in c herrschen soll, dieselbe hebt, verkürzt sich die Feder und verengt damit den Durchgang wie bei einem Ventil. Diese Art des Verschlusses, welche ohne weiteres auch mit einer Glocke

zu vereinigen ist, vermeidet alle mit Stangen, Hebeln u. s. w. verbundenen Reibungen und ist für jede Flüssigkeit, bei passender Auswahl des Federmaterials, verwendbar, da sie zugleich durch Einstellung der Verschlussfeder mittels der Befestigungsschraube u auf das genaueste eingestellt werden kann.

E. Schwimmerdruckregler.

Die Schwimmerdruckregler dienen ihrer Natur nach zur Regelung des Druckes in Flüssigkeitshaltungen, namentlich zur Druckverminderung in Nebenleitungen und an den Verbrauchsorten durch Verkleinerung einer bestimmten Durchflusstelle oder durch Sicherstellung einer dem gewünschten Druck entsprechenden Druckhöhe in Behältern, indem sie den Flüssigkeitszufluss regeln. Sie bestehen dem Wesen nach aus einem auf der Flüssigkeitsoberfläche liegenden und mit dieser steigenden oder fallenden Schwimmer (S. 131) der entweder direkt oder unter Anwendung von Hebeln ein Verschlussorgan (Klappe, Ventil, Hahn, Schieber u. s. w.) in Bewegung setzt. — Bei offenen Behältern werden sie direkt an der Zuflusstelle, bei geschlossenen Leitungen in besonderen in die Leitungen eingefügten Gehäusen angebracht. Da sich übrigens in diesen Gehäusen oft Luft ansammelt, welche aus dem Wasser austritt und in den Behältern zusammengedrückt wird, so ist es für einen genauen Gang dieser Apparate angezeigt, an denselben ein Entlüftungsventil (S. 106) anzubringen. — In Gefässen angewendet dienen diese Schwimmerregler zugleich als selbstthätige Füllventile.

F. Windkessel.

In gewissem Sinne sind auch die Windkessel zu den Druckreglern zu zählen, weil sie den Zweck haben, den sog. Wasserschlag (in Pumpen, Wasserleitungen u. s. w.) zu verhindern oder bei Gebläsen, Luftleitungen u. s. w. eine Gleichmässigkeit des Druckes zu sichern. — Wenn sich eine unelastische Flüssigkeit (Wasser) in einer Leitung derart bewegt, dass in einem Teile der Leitung eine Beschleunigung in der Bewegung (z. B. bei Pumpen infolge einer grösseren Kolbengeschwindigkeit während der Saugperiode) eintritt, welcher die Flüssigkeit nicht sofort zu folgen vermag, so wird ein Abreissen des Wasserstromes verursacht. Sobald darauf eine Verzögerung (durch kleinere Kolbengeschwindigkeit) der Wasserbewegung der zurückgebliebenen Wassermasse Gelegenheit giebt, die vorgeeilte Masse einzuholen, stossen beide Massen aufeinander und bewirken den sog. Wasserschlag, der bei grösseren Massen und Geschwindigkeiten zu einem Zertrümmern der Leitungsteile führen kann. Um nun diesem Abreissen des Flüssigkeitsstromes vorzubeugen, bringt man in nächster Nähe der Stelle, an welcher dasselbe zu befürchten ist, ein grösseres Gefäss an, in welchem sich Luft befindet (Windkessel) und in das der Wasserstrom geleitet wird, der vermöge seiner Trägheit einen Teil dieses Gefässes anfüllt, die darin anwesende Luft zusammendrückt und zu einer ausgleichenden Wirkung befähigt. Diese Wirkung besteht nun darin, dass die zusammengedrückte Luft dem Strome die fehlende Beschleunigung erteilt, aber infolge des Wasseraustrittes sich wieder verdünnt und dadurch das

Ansaugen unterstützt (Saugwindkessel). Befindet sich der Windkessel in einer Druckleitung, so bezweckt seine Einschaltung eine Geschwindigkeitsregelung mit Hilfe der Luftzusammendrückung (Druckwindkessel). Solche Windkessel dienen auch zur Regelung der Bewegung gepresster Luft in Druckluftleitungen.

Kleine Windkessel erhalten eine kugel- oder birnförmige Gestalt und werden vielfach aus Gusseisen, nur wenn sie sehr leicht ausfallen sollen aus Kupfer- oder Eisenblech hergestellt. Den grösseren Windkesseln giebt man in der Regel eine Cylinderform mit abgerundeten Stirnflächen, und stellt sie aus Eisenblech nach Art der Dampfkessel her. — Für kleine Pressungen können mitunter die Windkessel durch Gummibeutel ersetzt werden z. B. in Gasleitungen für Gasmotoren u. s. w.

Sechstes Kapitel.

Flüssigkeitsmesser.

In zahlreichen Fällen und Betrieben ist es notwendig oder erwünscht, diejenige Menge einer Flüssigkeit (Wasser, Alkohol, Lösungen, Gase, Luft etc.) zu bestimmen, welche innerhalb einer bestimmten Zeit verbraucht, geliefert oder erzeugt wird, und zwar um den Verbrauch, die Lieferung oder Erzeugung zu kontrolliren. Da die zu dieser Bestimmung dienenden Mittel lediglich ein Abmessen der Flüssigkeit innerhalb der in betracht kommenden Zeit bezwecken, so bezeichnet man die Aufgabe mit dem Ausdruck Flüssigkeitsmessen und die dazu verwendeten Hilfsmittel Flüssigkeitsmesser. — Die am häufigsten zu messenden Flüssigkeiten sind Wasser und Leuchtgas. Aus dem Grunde haben die zum Wasser- und Gasmessen bestimmten Wassermesser und Gasmesser nicht nur die zahlreichste Verwendung und höchste Ausbildung, sondern auch ganz allgemein zum Messen ähnlicher Flüssigkeiten Eingang gefunden, so dass sie die wichtigsten Flüssigkeitsmesser darstellen.

Die Anordnung der Flüssigkeitsmesser richtet sich zum Teil nach dem Gebrauchszweck derselben, zum Teil nach der Art, in welcher die Flüssigkeit den Vorratsbehältern entnommen und dem Verbrauchsorte zugeführt wird. In bezug auf die Entnahme und Zuleitung unterscheidet man folgende Methoden:

1. Die Abgabe erfolgt nur zu gewissen Zeiten (Stunden).
2. Die Flüssigkeit läuft ununterbrochen zu.
3. Die Entnahme findet zu jeder Zeit entsprechend dem Bedarf der Flüssigkeit statt.

Wird die Abgabe nur auf eine gewisse Zeit beschränkt, so muss selbstverständlich in allen Fällen, wo der Verbrauch über diese Zeit hinausgeht, ein Vorratsbehälter vorhanden sein, dessen leicht zu bestimmender Rauminhalt zugleich die Verbrauchsmenge angiebt, so dass hier in der Regel eine besondere Messung nicht erforderlich ist. —

Bei ununterbrochenem Zufluss zur Verbrauchsstelle bestimmt man die Menge einfach durch Hähne, welche eine Durchflussöffnung von bestimmter Grösse besitzen (Aichhähne), da, unter der Vorraussetzung eines gleichbleibenden Druckes, die Durchflussmenge (gleich Querschnitt mal Geschwindigkeit) in der Zeiteinheit dieselbe bleibt.

Ist die Anordnung getroffen, nach welcher zu jeder Zeit der Bedarf gedeckt werden kann, so dass die Entnahme in unbeschränkter Weise z. B. durch Oeffnen und Schliessen eines Ventils erfolgt, so sind zur Feststellung der Verbrauchsmengen besondere Messvorrichtungen anzubringen, welche nur während der Zeit der Entnahme in Thätigkeit treten. Da diese Anordnung ohne Frage als die vollkommenste anzuerkennen ist, so hat sie auch in erster Linie die Ausbildung der Wassermesser zur Folge gehabt.

Je nach der Art der Messung zerfallen die Flüssigkeitsmesser in zwei Gruppen. Zu der ersten Gruppe gehören diejenigen, bei welchen das Messen durch Füllen und Entleeren von Räumen mit bestimmtem und bekanntem Inhalt vorgenommen wird (Raummesser). Die zweite Gruppe enthält diejenigen, welche die Geschwindigkeit angeben, mit welcher das Wasser durch eine Oeffnung von bestimmter und bekannter Grösse fliesst (Geschwindigkeitsmesser).

I. *Raumflüssigkeitsmesser.*

Die Raummesser bestehen in der einfachsten Form aus feststehenden Gefässen, welche am zweckmässigsten aus Metall (Eisenblech), vielfach auch aus Holz mit viereckiger Grundfläche angefertigt und inwendig mit einer leicht und sichtbar erkennbaren Skale an einem Stabe oder auswendig mit einem eingeteilten Wasserstandsglas, oder auch mit einem Schwimmer zur Angabe der Standhöhe versehen sind. — Die Zuführung der Flüssigkeit (Wasser) erfolgt gewöhnlich durch ein einfaches mit einem Hahnverschluss ausgestattetes Rohr und zwar unter Anwendung eines selbstthätigen Füllventils zur Füllung auf eine bestimmte Höhe. In diesem Falle bekommt selbstverständlich das Füllventil eine Einrichtung, welche beim Sinken des Wasserspiegels ein Oeffnen des Füllventils ausschliesst. Zum Ablassen des Wassers dient ein von Hand bewegter Ablasshahn oder ein Bodenventil. Um mit dieser Einrichtung eine ununterbrochene Zufuhr zum Gebrauchsorte zu ermöglichen, genügt die Aufstellung zweier solcher Gefässe, oder die Teilung eines grossen Behälters in zwei gleiche Abteilungen, wovon die eine sich füllt, während die andere sich leert. — Die Anwendung eines solchen zweiteiligen Messgefässes empfiehlt sich u. a. bei Verdampfungsversuchen an Dampferzeugern, wobei man den Inhalt jeder Abteilung zu etwa 1,5 bis 2,0 *cbm* wählt, die Teilung durch eine vertikale Querwand mit genau horizontaler Kante zum Ueberlaufen vornimmt und die Bodenventile derart durch Hebel kuppelt, dass sie sich von einem Handgriff aus gleichzeitig bewegen lassen.

Die Grösse der Raummesser hängt naturgemäss im allgemeinen von der innerhalb einer bestimmten Zeit zu messenden Flüssigkeit ab und ist demnach sehr wechselnd.

Sollen die in Raummessern zu messenden Flüssigkeiten vor Verdunstung und Verflüchtigung geschützt (Alkohol, Petroleum, Benzin, Gas etc.) oder unter einem Drucke weiter geleitet werden, der grösser als derjenige ist, welcher der Höhenlage der Messgefässe entspricht, im übrigen durch die über den letzteren vorhandene Drucksäule oder Pressung bestimmt wird, so sind die Messgefässe hermetisch zu verschliessen.

Das den Messgefässen eigentümliche Prinzip, die Wassermengen durch

abwechselndes Füllen und Entleeren von Räumen bestimmten Inhalts zu messen, kann auch in der Weise zur Anwendung gelangen, dass man die gefüllten Räume durch Kippen oder durch Einbringen eines Verdrängers entleert und dabei zugleich in passender Weise die Anzahl der Entleerungen zählt. Hierdurch entstehen zwei Klassen von Flüssigkeitsmessern, welche jedoch wieder in mehrere Unterklassen zerfallen, je nach den Anordnungen, welche die Messorgane selbst erhalten.

Unter den der ersten Klasse angehörenden Flüssigkeitsmessern haben sich diejenigen jedoch am weitesten ausgebildet und eingeführt, bei welchen die Messgefässe Kammern oder Zellen bilden, die, im Kreise angeordnet, an einer gemeinschaftlichen Achse sitzen und sich mit dieser Achse drehen, um sich in unmittelbarer Reihenfolge zu füllen und zu leeren. Indem dabei während einer ganzen Umdrehung sämtliche Gefässe einmal gefüllt und entleert werden, lässt sich durch Zählung der Umdrehungen mittels eines Zählwerks die weiter geförderte Flüssigkeit leicht und sicher bestimmen. — Beachtenswert ist ein Flüssigkeitsmesser (Reuther und Reisert) nach dem Kippsystem, der hauptsächlich zum Wassermessen für Dampfkesselkontrolle bestimmt ist. Derselbe besteht in einem Gefäss, welches durch eine eigentümlich geformte Scheidewand in zwei gleiche Teile geteilt ist und mittels zweier Schneiden auf zwei zugehörenden Pfannen schwingt, wenn die eine Gefässhälfte sich gefüllt hat. Zum Füllen dient dabei ein Rohr, welches anfangs das Wasser in einem starken Strome, kurz vor der Füllung aber nur in einem dünnen Strahle zuführt, indem sich ein Füllventil allmählich schliesst. Man erreicht auf diese Weise das Umkippen im richtigen Augenblick ohne Gefahr für ein Ueberlaufen. Ein Zählwerk notirt jede Entleerung in der Art, dass die durchgelaufene Menge für jeden Zeitraum (Monat, Tag, Stunde) abzulesen ist.

Zum Zwecke der Messung tropfbar-flüssiger Körper, insbesondere des Wassers, erhalten obige Wassermesser Zellen nach Art eines Wasserrades mit horizontaler Achse und krummen Schaufeln, welche bestimmte Räume abschliessen und wenigstens längs des wasserhaltenden Bogens an dicht anschliessenden Wänden vorbeilaufen. Das Wasser tritt in der Achsenhöhe ein und unmittelbar unter der Achse aus, so dass es etwa den vierten Teil der Zellen füllt und damit zugleich das Messrad dreht. — Da die Abdichtung des letzteren gegen die abschliessenden Wände jedoch schwierig herzustellen und zu erhalten ist, so geben diese Wassermesser auf die Dauer keine zuverlässigen Aufzeichnungen. — Dasselbe dürfte wohl auch für diejenigen hierher gehörenden Messer gültig sein, welche nach Art der Kapselräder gebaut sind.

Ganz allgemein eingeführt dagegen ist die Messtrommel mit Zählwerk unter dem Namen Gasuhr zum Messen des den Leitungen entnommenen Leuchtgases, welches diesen Messer durchströmt und die Messtrommel in Umdrehung setzt, während dieselbe durch Eintauchen in eine Flüssigkeit nicht nur ein Entweichen des Gases verhindert, sondern auch durch die Oberfläche dieser Flüssigkeit auf das genaueste den Inhalt einer Zelle begrenzt (nasse Gasuhr). Diese Gasuhr ist in Fig. 225 vor Augen geführt. Die Messtrommel B besteht aus vier Zellen, die von vier Blechwänden A, B, C gebildet werden, welche windschief geformt sind und zwei nach entgegengesetzten Seiten stehende Flügel besitzen, die Teile der Trommelseitenwände bilden, aber nicht aufeinander liegen, sondern spaltenförmige

Zwischenräume zum Durchtreten des Gases sowohl beim Ein- als Auslassen desselben zwischen sich lassen. So hat die Kammer B die Eintrittsöffnung für das Gas an der Spalte c, die Austrittsöffnung aber jenseits d u. s. w.

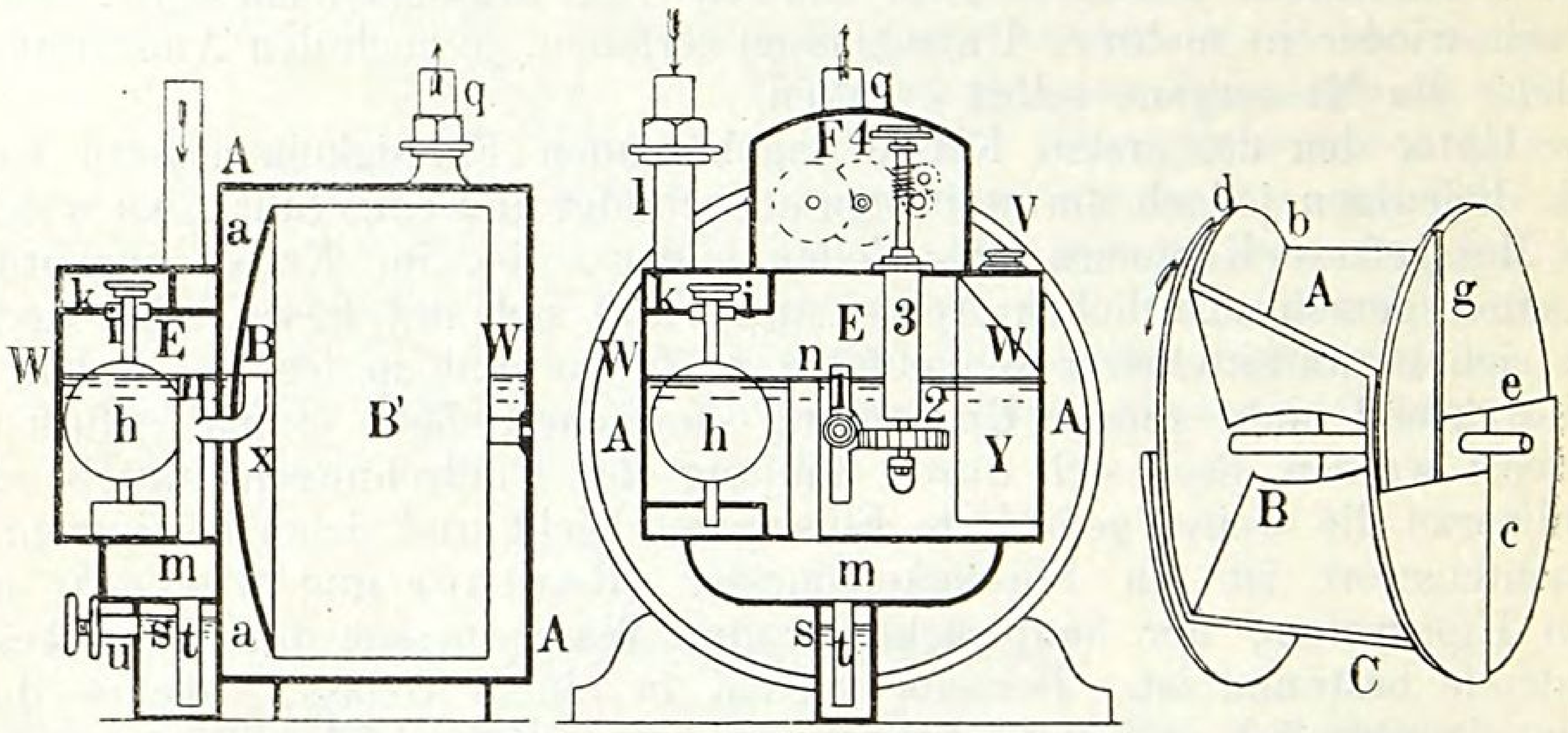


Fig. 225.

Hierdurch wird erreicht, dass, weil die Trommel bis über die Achse, nämlich bis W W, eintaucht, immer eine Eintrittsöffnung über Wasser liegt, während die zugehörige Austrittsöffnung noch unter Wasser steht, dass mithin das durch das Rohr x eintretende Gas gegen die aus dem Wasser ragende Scheidewand drückt und dabei die Trommel in Umdrehung setzt. Zur Vermeidung einer Vermischung des durch die Kammer gegangenen Gases mit dem zutretenden ist die Trommel B an der Eintrittsseite mit einer gewölbten Wand a a abgeschlossen, welche nur in der Mitte eine Oeffnung zum Durchstecken des Rohres x besitzt. Das durchgegangene Gas gelangt über W W in das Gehäuse A A und von hier durch das Rohr q zur Gebrauchsstelle. Der Eintritt des Gases in den Gasmesser findet durch das Rohr l, sodann durch die Kammer k, das Ventil i, die Kammer E und das Rohr n in die Trommel statt. Das zum Abschluss der Kammern dienende Wasser muss stets dieselbe Standhöhe haben, wenn die während einer Umdrehung durchgegangene Gasmenge konstant bleiben soll. Der höchste Stand wird durch das Rohr n geregelt, indem das Wasser durch n abfliesst, wenn es höher steigt. Von n läuft es nach m und von hier durch t in einen Behälter, aus dem es durch Lösung der Schraube u bei s abgelassen wird. Geschieht letzteres nicht, so steigt es in u auf und unterbricht den Eintritt in die Trommel in dem Augenblicke, in welchem es das Seitenrohr x abgesperrt hat. Sinkt dahingegen das Wasser und vergrössert damit den Trommelinhalt, so senkt sich auch der Schwimmer h und schliesst das Ventil i, wodurch ebenfalls eine Absperrung des Gaszutrittes erfolgt, bis durch Nachfüllen mit Wasser die übliche Höhe wieder hergestellt ist. Hierzu wird durch Entfernen der Kapselschraube V eine Trichteröffnung freigemacht. Zur Angabe der Trommelumdrehzahl ist ein Zählwerk in der Kammer E vorhanden, welches von der Trommelachse aus vermittelst der Schnecke 1, des Schneckenrades 2 und der in 3 gelagerten vertikalen Welle an dem Zeiger bei 4 Teile einer Umdrehung, durch weitere Uebersetzungen von

der Schnecke 5 aus das Vielfache derselben an Zeigern zur Kenntnis bringt, die sich unter einer Glasplatte an Zifferscheiben bewegen.

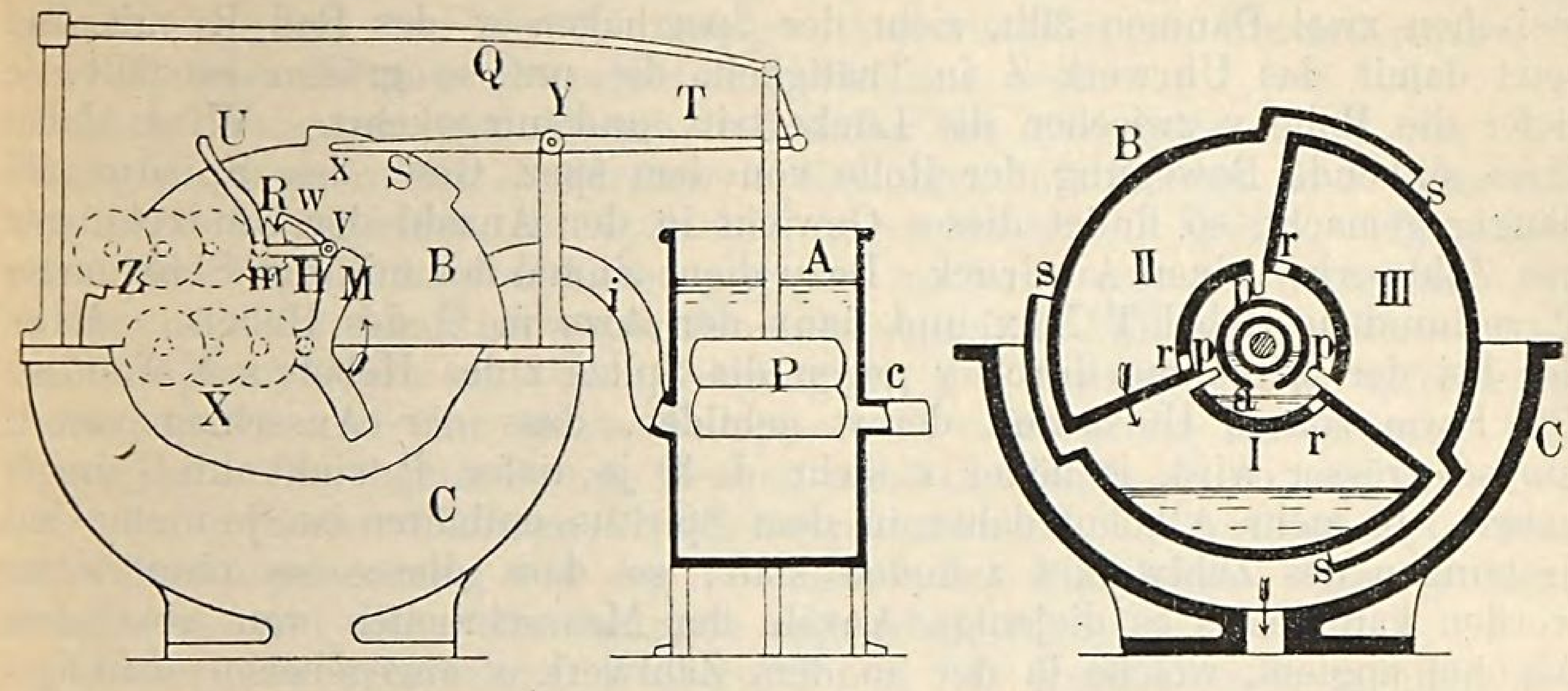


Fig. 226.

Eine sehr wichtige Verwendung findet die Messtrommel zum Messen einer durchfliessenden Menge Spiritus oder Branntwein unter gleichzeitiger Angabe des Alkoholgehaltes in Prozenten nach Tralles. Der durch Fig. 226 vergegenwärtigte Apparat (S i e m e n s) besteht aus zwei Kammern A und B, wovon die erste einen Schwimmer, die andere die Messtrommel aufnimmt. Die letztere besitzt die 3 Messräume I, II, III, die um einen hohlen Cylinder angeordnet und damit durch Schlitze r in der Weise in Verbindung gebracht sind, dass der im Zentrum zufliessende Spiritus in die unten befindliche Kammer I gelangt, während die in dieser vorhandene Luft gleichzeitig durch Röhren p austritt. Sobald der Raum I gefüllt ist, läuft der Spiritus in die zweite Kammer II, giebt dadurch dieser ein Uebergewicht und der Trommel um die Achse Drehung, so dass der Inhalt der ersten Kammer durch den Kanal s in das Gefäss C und durch dessen Boden in den Auffangbehälter abfliesst. Ein an der Vorderseite des Apparates angebrachtes, von der Achse der Trommel direkt in Bewegung gesetztes Zählwerk X giebt die Anzahl der Umdrehungen und dadurch unmittelbar die durchgeflossene Spiritusmenge an. — Nachdem der Spiritus einen Mischapparat passirt hat, in welchem er womöglich auf eine bestimmte Temperatur gebracht ist, gelangt derselbe in den Behälter A und von hier durch das Rohr i in das die Trommelachse umgebende Rohr a, wobei das Rohr i als Heber wirkt und den Stand in A auf vollkommen gleicher Höhe hält. Der Behälter A umschliesst nun einen Körper P, welcher an einer Feder Q hängt, die das Gewicht von P so ausgleicht, dass derselbe dem Auftrieb folgt, der im umgekehrten Verhältnisse zu dem spez. Gew. des Spiritus steht. Infolgedessen hebt sich P, wenn mehr Wasser, und senkt sich, wenn mehr Alkohol zufliesst. Der mit wechselndem Alkoholgehalt eintretende Spiritus wird demnach eine seiner Stärke entsprechende Stellung des Körpers P hervorrufen, welche zur Aufzeichnung dieser Stärke oder Grädigkeit benutzt wird. Zu dem Zwecke befindet sich auf der Achse der Messtrommel eine kleeblattartige Scheibe M, deren 3 Daumen mit den 3 Kammern I, II, III korrespondiren, sich mit der Trommel drehen und dabei einen Hebel v H m

in Bewegung setzen, der sich mit der Rolle v gegen die Daumen legt. Dadurch verschiebt sich der mit v H verbundene Sperrhaken w über die Zähne eines Schiebrades R. Sobald nun die Rolle v in den Zwischenraum zwischen zwei Daumen fällt, zieht der Sperrhaken w das Rad R mit und setzt damit das Uhrwerk Z in Thätigkeit, die um so grösser ausfällt, je tiefer die Rolle v zwischen die Lücke tritt und umgekehrt. Wird daher diese sinkende Bewegung der Rolle von dem spez. Gew. des Spiritus abhängig gemacht, so findet dieses Gewicht in der Anzahl der Umdrehungen des Zählwerks seinen Ausdruck. Dazu dient einmal der mit dem Schwimmer P verbundene Hebel T X x und dann der Arm m U des Hebels v H m, der bei der Mitnahme durch v gegen die Spitze x des Hebels x Y T stösst. Die Form von m U ist nun derart gebildet, dass der Ausschlag von U um so grösser wird, je höher x steht, d. h. je tiefer P sinkt und umgekehrt. Je mehr Alkohol daher in dem Spiritus enthalten ist, je mehr Umdrehungen des Zählwerkes z finden statt, so dass dieses so eingerichtet werden kann, dass es diejenige Anzahl der Maasseinheiten von absolutem Alkohol angiebt, welche in der an dem Zählwerk x angegebenen durchgelaufenen Flüssigkeitsmenge enthalten sind. — Von grossem Belang auf die Genauigkeit der Angaben ist bei diesem Raummesser die Temperatur der durchlaufenden Flüssigkeit. Um den Einfluss der Temperaturschwankungen möglichst auszugleichen, ist daher der Schwimmkörper P hohl aus sehr dünnem Britanniablech hergestellt und mit Alkohol gefüllt, so dass sich Temperaturänderungen sehr schnell dem Inhalt mitteilen und dieser dadurch derselben Dichtigkeitsänderung unterworfen ist, wie die umgebende Flüssigkeit, wobei die Schwimmerwand der Raumveränderung folgt.

Die Flüssigkeitsmesser der zweiten Klasse beruhen auf dem Grundgedanken, dass ein Raum unter fortwährender Vergrösserung bis zu einem bestimmten Inhalt sich mit der Flüssigkeit füllt und darauf unter allmählicher Verkleinerung sich wieder leert, also die Flüssigkeit verdrängt. Die Messung erfolgt demnach in Zeitpausen, welche jedoch dadurch ausgeglichen werden, dass mindestens zwei solche Räume unmittelbar aufeinander folgend, derart in Thätigkeit treten, dass während der Entleerung des einen die Füllung des anderen stattfindet.

Das Verdrängen der Flüssigkeit wird hierbei im allgemeinen auf dreierlei Weise bewerkstelligt:

1. indem man den Messraum aus einem leicht biegsamen Material herstellt, so dass sich derselbe zusammendrücken und auseinander ziehen lässt;

2. indem man Glocken durch eine passende Flüssigkeit absperrt und auf- und niederbewegt; und

3. indem man in dem Raum einen Kolben hin- und herbewegt.

Die erste Art der Verdrängung gelangt in der Form von Blasebälgen zur Ausführung, indem Scheiben mit Leder, Kautschuk oder dichtem Gewebe (Diaphragma) überspannt und durch den Flüssigkeitsdruck auseinander und durch ein Gegendruckmittel wieder zusammen geschoben werden, oder indem man zwei Kammern durch ein Lederdiaphragma voneinander trennt, welches abwechselnd nach der einen und nach der anderen Richtung ausgespannt wird. Ihre Anwendung beschränkt sich auf einzelne Fälle z. B. als Gasmesser (trockene Gasuhren).

Desgleichen kommen Flüssigkeitsmesser mit Glocken als Verdrängern

selten vor. In ihrer gewöhnlichen Anordnung bestehen diese Messer aus zwei vertikal beweglichen Glocken, welche an einem gleicharmigen Hebel hängen und nach Art der Druckregler mit der Leitung so in Verbindung gebracht werden, dass sie sich infolge einer selbstthätigen Umsteuerung von Ventilen oder Hähnen abwechselnd heben und senken.

Am häufigsten in Gebrauch und daher am wichtigsten sind von den Flüssigkeitsmessern mit Verdrängern diejenigen mit Kolben und zwar mit hin- und hergehenden in Cylinder eingeschlossenen Kolben. Dieselben haben ihr Vorbild in den Kolbenpumpen insofern, als die Bewegung der Kolben und die damit hervorgerufene abwechselnde Füllung und Entleerung des Pumpencylinders mit dem Vorgang in den Kolbenmessern vollständig übereinstimmt und eine solche Pumpe auch vielfach die Bestimmung hat, Flüssigkeiten in abgemessenen Mengen zum Gebrauchsort zu schaffen. Bei den hier in Rede stehenden Flüssigkeitsmessern ist nur erforderlich, dass die Kolbenumsteuerung von der zu messenden Flüssigkeit selbst bewirkt und die Anzahl dieser Bewegungen angegeben wird.

Unter den zahlreichen Konstruktionen der Kolbenmesser können die zwei folgenden als besonders im Gebrauche stehend hervorgehoben werden. — Die eine Anordnung (Kennedy) besitzt einen Kolben mit umgelegtem Kautschukring, der bei der Kolbenbewegung in einem Messcylinder auf dem Kolben hin- und herrollt und dadurch die Abdichtung bewirkt. Die Zuführung und Abführung des Wassers erfolgt durch einen Vierweghahn, der das Wasser abwechselnd über und unter den Kolben und von hier aus nach dem Ausweg leitet. Zur Umsteuerung des Hahnes erhält die verlängerte Kolbenstange eine Verzahnung, welche in eine verzahnte Scheibe eingreift, die dadurch in Hin- und Herdrehung versetzt wird und dabei mittels Nasen einen mit Fallgewicht versehenen Hebel über den labilen Gleichgewichtszustand hinüberhebt, so dass das Gewicht plötzlich niederfällt und dabei einen mit dem Hahn verbundenen Hebel trifft der die Drehung des Hahnes ausführt. Mit Hilfe dreier konischer Zahnräder wird die abwechselnde Drehrichtung der Triebscheibe in eine einseitige verwandelt und einem Zählwerk mitgeteilt.

Bei der zweiten Konstruktion (Schmid) Fig. 227 dienen zwei Kolben A und B als Verdränger, welche mittels Schubstangen und Kurbeln eine Welle x x in Umdrehung versetzen, deren Umdrehzahl (die Kolbenhubzahl) an dem Zählwerk bei z abzulesen ist. Achse und Kolben bewegen sich in einem Gehäuse, das aus drei Teilen zusammengesetzt ist: dem Bodenstück C, dem Kolbencylinderstück D und dem durch eine Mittelwand in zwei Teile geteilten Deckelstück E. Die Anordnung ist nun so getroffen, dass das bei a eintretende und bei d austretende Wasser vermöge seiner Druckwirkung nicht nur die Kolben verschiebt, sondern auch die Umkehr der Kolben (Steuerung) unter gleichzeitiger Abmessung der Durchgangsmenge bewirkt. Zu dem Zwecke sind die zwei Kurbeln auf der Welle x x um 90° gegeneinander verstellt, und die

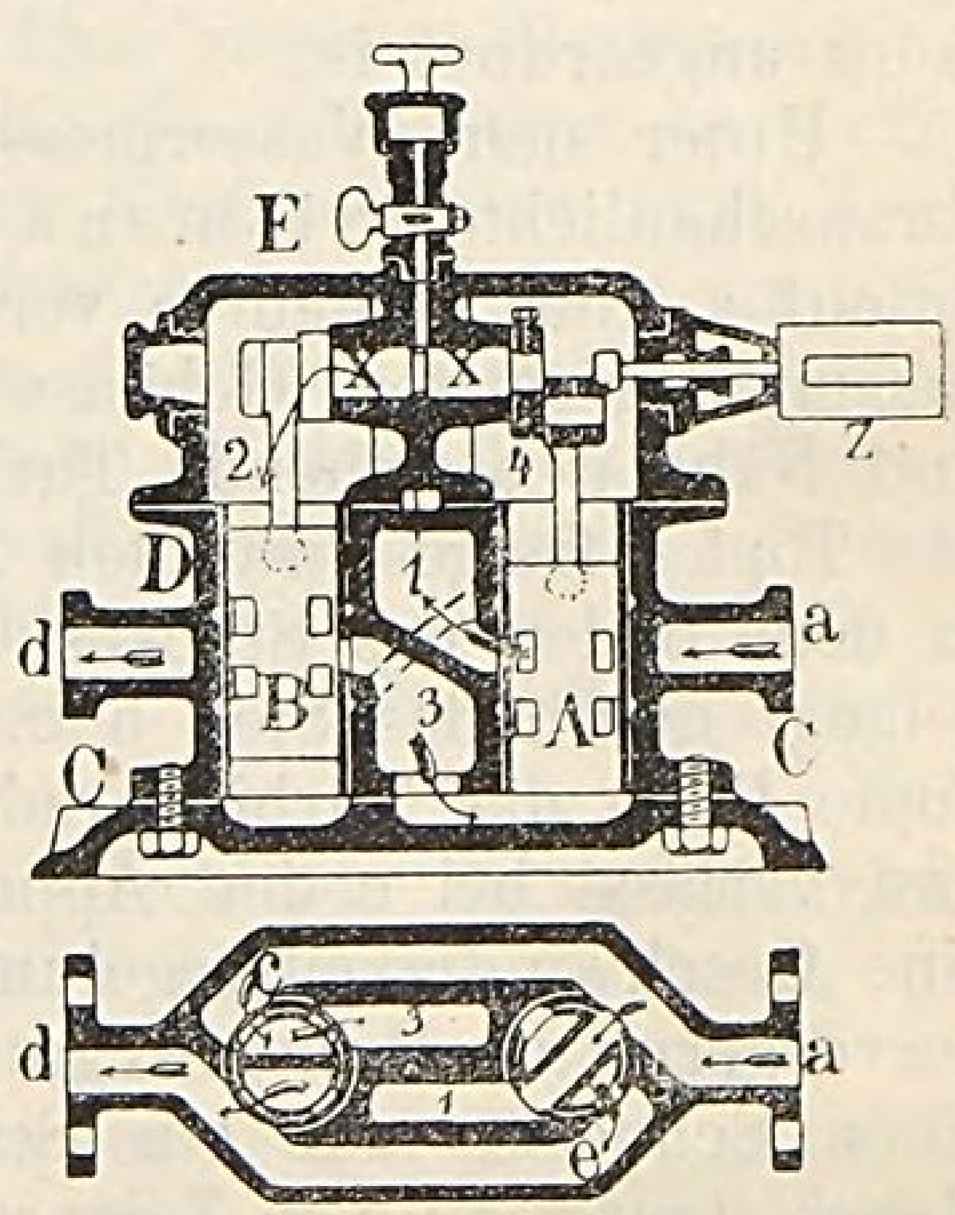


Fig. 227.

gleichen Kolben eigentümlich durchbrochen, um bei verschiedenen Stellungen die einzelnen Räume in und ausser Verbindung zu bringen. In der gezeichneten Stellung fliesst das bei a eintretende Wasser zunächst durch den Kolben A nach dem Raum 1, steigt aufwärts in E und gelangt dadurch über den Kolben B, während das Wasser unter B durch den Raum 3 etc. sowie den unteren Teil von A und den Kanal e zum Austritt d gedrängt wird. Sobald infolge der Kolbenbewegung der Kolben B in die Lage des Kolbens A und umgekehrt kommt, wiederholt sich das Spiel in entgegengesetzter Weise: das Wasser strömt durch B und einen neben 1 liegenden aufsteigenden Kanal über A, das unter A befindliche Wasser fliesst durch den unteren Teil von B aus d ab. Der Hubwechsel von B erfolgt demnach stets bei der Mittelstellung von A. Beide Kolben sind vermöge der Kurbeln auf x x zu ganz bestimmten Hublängen gezwungen, so dass auch bei jeder Umdrehung eine abgemessene Wassermenge durchfliesst. Notwendig ist bei diesem Wassermesser, dass die Kolben bei derjenigen Temperatur eingeschliffen werden, bei welcher der Apparat Verwendung finden soll.

II. *Geschwindigkeitsflüssigkeitsmesser.*

Zur Bestimmung von Flüssigkeitsmengen mittels Geschwindigkeit dient eine Einrichtung, bei welcher die durch ein Gefäss laufende Flüssigkeit ein Organ in drehende Bewegung setzt, deren Grösse (Geschwindigkeit) proportional der Durchflussmenge ist (Proportionalmesser) und deren Umdrehzahl durch ein Zählwerk zur Anzeige gelangt. Selbstverständlich ist dabei der Durchströmungsquerschnitt von bestimmter Grösse.

Als Organ dient hier fast ausschliesslich eine vertikale Welle mit einem Rade, welches in den Lauf der Flüssigkeit gestellt und von dieser in Umdrehung versetzt wird. Deshalb unterscheiden sich diese Geschwindigkeitsmesser im wesentlichen nur durch die Verschiedenheit dieses Rades, welches entweder nach dem Prinzip einer Turbine oder eines gewöhnlichen Schaufelrades angeordnet ist.

Unter den Wassermessern mit Turbinenrad ist der durch Fig. 228 veranschaulichte (Siemens u. Halske) der verbreitetste. In dem mit Zulauf a und Auslauf c versehenen und aus mehreren Teilen A, B, C, D zusammengesetzten Gehäuse befindet sich das aus mehreren Schaufeln s s und Nabe d bestehende Turbinenrädchen, gestützt auf einen in dem Boden des Topfes festgeschraubten Zapfen und ferner geführt von der Achse, die in dem Boden des Stückes C gelagert ist. Das Wasser tritt bei a ein und gelangt durch das Sieb b b, sowie durch leitschaufelartige Schlitze in dem Topfe B an das Turbinenrad, durchströmt dieses in der Richtung der Pfeile und verlässt bei c den Apparat, nachdem es an den sog. Stauschaufeln e e eine Geschwindigkeitsregelung erfahren hat. Die durch den Wasserstrom hervorgerufene Drehbewegung pflanzt sich vermittelst der Achse d und einer Schnecke auf ein Schneckenrad und von diesem mit mehrfacher Uebersetzung zu dem Zeigerwerk z fort, welches sich in dem abgeschlossenen mit Glasplatte bedeckten Raum D befindet, der auch gegen den Raum C durch eine Metallplatte abgesperrt ist. Eine Eigentümlichkeit des Zählwerkes besteht darin, dass sich das grosse Zifferblatt n dreht, und zwar mit einer

Geschwindigkeit, dass eine Umdrehung desselben einer Durchlaufmenge von 1 *cbm* entspricht.

Der Hauptteil eines Wassermessers, der einen grossen Verwendungskreis gefunden hat (Rosenkranz u. Droop), ist in Fig. 229 gezeichnet. Als Messrad dient eine sternförmige Scheibe S aus Hartgummi, welche in einer cylindrischen Schale A drehbar gelagert ist und deren Zacken so gestellt sind, dass sie von der durch den Stutzen a zulaufenden und durch den Stutzen c ablaufenden Flüssigkeit mitgenommen werden und dadurch das Rad in Drehung setzen. Eine ovale Platte auf der Oberfläche des Rades dient zur Mitnahme eines Drehstiftes, welcher als Kurbel wirkt und die Drehung auf ein Zeigerwerk überträgt.

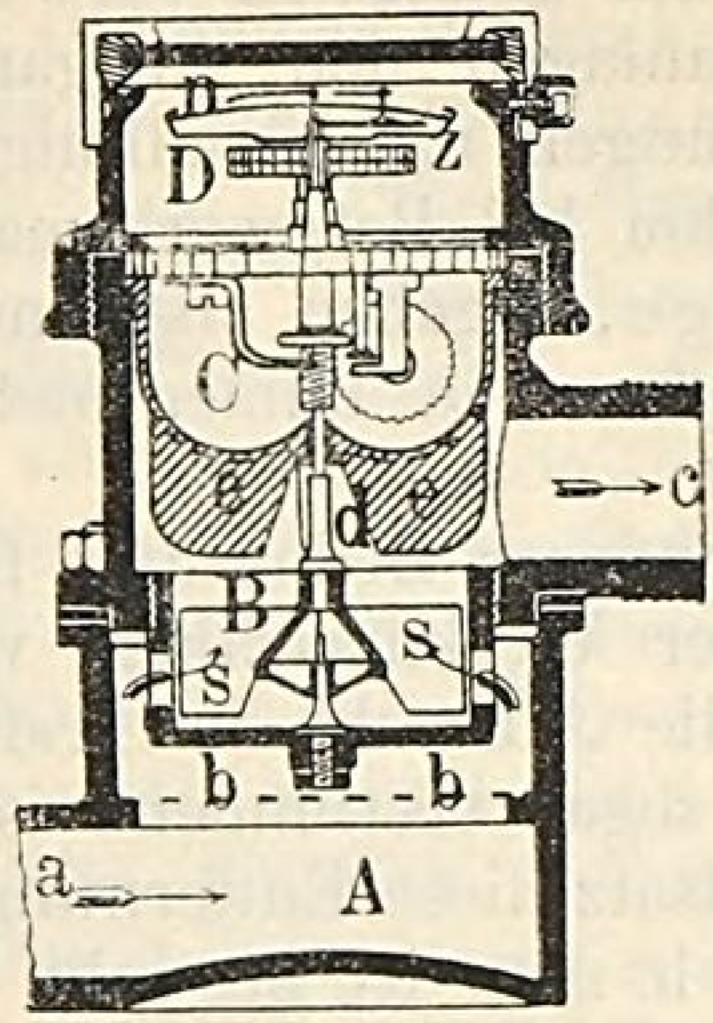


Fig. 228.

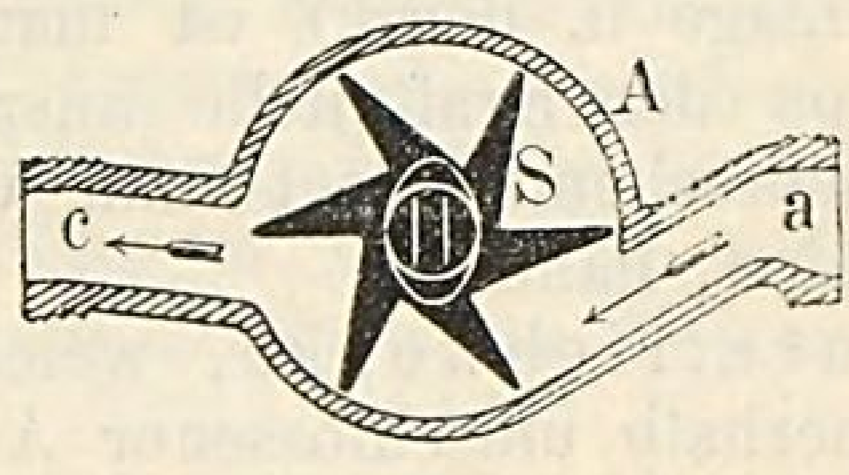


Fig. 229.

Fünfter Abschnitt.

Kraftübertragung und Kraftverteilung.

Sollen von einer Kraftquelle oder Kraftmaschine mehrere Werkmaschinen in Thätigkeit gesetzt werden, so ist es notwendig, Vorrichtungen zu treffen, welche die Aufgabe haben, die Triebkraft der Kraftmaschine oder Kraftquelle zu übernehmen, dem Orte des Kraftverbrauches zuzuführen und hier auf die Werkmaschinen zu verteilen und an dieselben abzugeben. Die Gesamtheit dieser Vorrichtungen bezeichnet man mit dem Namen Transmission oder Triebwerk. — Ist eine Kraftmaschine direkt mit einer Werkmaschine verbunden (z. B. Dampfmaschine mit einer Pumpe), so pflegt man diese Verbindung nicht Transmission, sondern Kupplung zu nennen.

Die Formen, welche die Industriebetriebe und die von diesen bedingten Werkmaschinen naturgemäss aufweisen, sind ungemein zahlreich und verschieden und bedürfen dementsprechend ebenso mannigfaltiger Anordnungen der Triebwerke, da diese jedem einzelnen Falle angepasst werden müssen. Trotzdem haben sich die Triebwerke nach gewissen Grundsätzen und Regeln ausgebildet, welche sich in einzelnen Systemen verkörpert finden.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass in bezug auf die mit jeder Trieb-

kraft verbundene Bewegung die Drehbewegung aus S. 15 sich ergebenen Gründen die am häufigsten verwendete ist und daher im allgemeinen bei Transmissionsanlagen den Ausgangspunkt und die Grundlage bildet. — Kraftübertragungen mit geradliniger (Hin- und Her-)Bewegung erfolgten in einzelnen Fällen bei Bergwerksmaschinen — und Pumpen-Anlagen mittels sog. Gestänge, ergeben aber im Durchschnitt solche ungünstige Betriebsverhältnisse, dass sie immer mehr und mehr durch andere Antriebe verdrängt werden.

Von besonderer Bedeutung für die Anlage von Triebwerken ist die Entfernung der Werkmaschinen von den Kraftmaschinen, weil diese Entfernung auf die Auswahl der krafttragenden Elemente von grossem Einfluss, in der Regel sogar bestimmend ist. — Bei der Anlage der Transmissionen gilt als Grundsatz diese Entfernung (Triebwerkslänge) so gering als möglich zu wählen, d. h. man ist bestrebt, mit der Kraftverteilung in nächster Nähe der Kraftmaschine zu beginnen (Kurztrieb). In vielen Fällen jedoch (z. B. zur Ausnutzung einer entfernten Wasserkraft oder einer Zentraltriebkraftanlage u. dergl.) ist man genötigt, die Kraft in erheblicher Entfernung von der Kraftquelle auszunutzen. Diesen verschiedenen Verhältnissen entsprechend pflegt man wohl zwei Gruppen von Triebwerken zu unterscheiden, nämlich:

I. Kurztriebwerke, welche mit den Kraftmaschinen an gleichen Orten, innerhalb umschlossener Anlagen, sich befinden und

II. Ferntriebwerke, welche die an weiter von einander liegenden, für sich umschlossenen Orten aufgestellten Kraft- und Werkmaschinen verbinden. Beiden Triebwerken ist derjenige Teil gemein, dem die Aufgabe zufällt, die von der Kraftmaschine zur Verfügung gestellte Triebkraft auf die einzelnen Werkmaschinen zu verteilen und zu übertragen. Damit zerfällt jedes Triebwerk in zwei Hauptteile, die zweckmässig als innere und äussere Transmission zu bezeichnen sind.

Erstes Kapitel.

Innere Transmission.

Die innere Transmission hat die Bestimmung eine von der Arbeitsmaschine aufgenommene Triebkraft auf die einzelnen Werkmaschinen nach Maassgabe der Bedürfnisse zu verteilen und besteht in der Regel aus einer der Hauptsache nach horizontalen Wellenleitung mit den zur Aufnahme und zur Abgabe erforderlichen Elementen. — Man unterscheidet Haupt- und Nebenleitung und nennt denjenigen Teil der ganzen Anlage die Hauptleitung, der die gesamte Triebkraft aufnimmt, und denjenigen Teil der Anlage die Nebenleitung, welcher von der Hauptleitung mit Triebkraft versehen wird.

I. Wellenleitung.

Vor allem ist die Anordnung der Wellenleitungen derart zu treffen, dass die Kraftentnahme leicht, übersichtlich und sicher stattfinden kann und jede an der Leitung vorkommende Störung, Unregelmässigkeit oder Reparatur-

bedürftigkeit sofort zu erkennen und möglichst schnell zu beseitigen ist, weil der Betrieb aller mit der Wellenleitung verbundenen Werkmaschinen von der Beschaffenheit und dem richtigen Gange der Wellenleitung abhängt.

Die Stärke d. h. der Durchmesser der Transmissionswelle wird nach S. 26 von dem sog. Effektquotienten $\left(\frac{N}{n} = \frac{\text{Pferdestärken}}{\text{Umdrehzahl}}\right)$ bestimmt und ist demnach umgekehrt proportional der Umdrehzahl. Hieraus ergiebt sich, dass der Wellendurchmesser (bis zu einer bestimmten Grenze abwärts) um so kleiner werden kann, je grösser die Drehgeschwindigkeit genommen wird, weil sich damit die belastende Kraft vermindert. Hierin liegt deshalb ein Vorteil, weil die sämtlichen zu der Transmission gehörenden Elemente (Kupplungen, Lager, Räder u. s. w.) also auch das Gewicht der bewegten Teile somit der Lagerdruck und demgemäss die zur Ueberwindung der hierdurch bedingten Widerstände notwendige Arbeit geringer ausfällt. Aus dem Grunde erteilt man den Wellen eine zulässig grösste Anzahl von Umdrehungen, indem man diese den jedesmaligen Verhältnissen nach dem Grundsatz anpasst, dass bei schnell arbeitenden Werkmaschinen von vornherein, schon zur Vermeidung grosser Uebersetzungen, grössere Umdrehzahlen der Transmissionswellen erwünscht und zulässig sind, während langsam laufende Werkmaschinen zweckmässiger auch von langsam sich drehenden Wellen angetrieben werden. Im allgemeinen können folgende Umdrehzahlen als passende gelten:

120 bis 150 Umdrehungen in der Min.	bei langsam gehenden Werkmaschinen (schweren Werkzeugmaschinen, Aufzügen und gewöhnlichen Anlagen).
130 „ 200 „ „ „ „	bei mittelschnell gehenden Werkmaschinen (leichten Werkzeugmaschinen),
250 „ 300 „ „ „ „	bei schnell gehenden Werkmaschinen (Holzverarbeitungsmaschinen),
300 „ 400 „ „ „ „	in Spinnereien, für Dynamomaschinen etc.

Je mehr die Geschwindigkeit der Wellen gesteigert wird, je grösser muss die Wirkung der drehenden Massen werden, weil dieselbe im Quadrate der Geschwindigkeit wächst. Es ist daher bei grossen Geschwindigkeiten von besonderer Wichtigkeit, die drehenden Massen derart auszugleichen, dass keine einseitige Zentrifugalwirkung auftritt, welche sich in ungleichförmiger Abnutzung der Lager und Zapfen, sowie unregelmässiger Bewegung (Schlagen der Wellen u. s. w.) in schädlichster Weise äussern würde. Die Wellen sind deshalb abzudrehen, die Massen der Kupplungen, Scheiben und Räder auf das sorgfältigste zu verteilen, so dass der Schwerpunkt in die Achse fällt, und sämtliche Teile zu zentrieren, damit die geometrischen Achsen eine gemeinschaftliche, mit der Wellenmitte zusammenfallende Drehachse bilden.

Um die Transmissionswellen bei kleinen Durchmessern möglichst widerstandsfähig zu erhalten, fertigt man dieselben in der Regel aus vollen Flusseisen- oder Stahlstangen, in Zukunft voraussichtlich auch aus Mannesmann'schen Stahlröhren an. — Sind die Leitungen über 8 *m* lang, so

müssen dieselben durch Zusammenkuppeln mehrerer Stangen erhalten werden. Bei der Auswahl und Anbringung der Kupplungen ist auf die Möglichkeit einer genauen Zentrirung in erster Linie zu achten und zu berücksichtigen, dass die zu kuppelnden Wellen sehr oft verschiedene Durchmesser erhalten, weil eine Welle durchgehends um so weniger Kraft aufzunehmen hat, je weiter dieselbe von der Kraftzufuhrstelle entfernt ist. Des leichten Zentrirens wegen auch im Falle, wenn Wellen von verschiedenen Durchmessern zu kuppeln sind, empfiehlt sich daher besonders die Klemmkupplung (Fig. 44 S. 27), da die Kegelstutzen an einem Ende dieser Kupplung sich unabhängig von den anderen vorschieben und einem anderen Durchmesser anpassen lassen. — Lange Wellenleitungen verlangen ferner eine Beachtung ihrer Längenveränderung infolge Temperaturwechsels, indem man ihnen mittels beweglicher Kupplungen (S. 28) die Möglichkeit einer Ausdehnung und Zusammenziehung nach dem Koeffizienten von 0,0012 für einen Grad zwischen 0 bis 100 ° C. gewährt. — Begrenzt werden die Längenverschiebungen durch Stellringe.

In den meisten Fabrikanlagen ist es erwünscht oder erforderlich, einzelne Wellenstränge vorübergehend aus dem Betriebe auszuschliessen. In solchen Fällen schreitet man zur Verbindung mittels Rückkupplungen (S. 29), unter welchen die Reibungskupplungen ihrer anerkannten Vorteile wegen immer beliebter werden. Dabei erfolgt die Befestigung stets in der Weise, dass die mitzunehmende Welle den verschiebbaren Teil der Kupplung erhält.

Die Lagerung der Wellen erfolgt je nach örtlichen oder Betriebsverhältnissen mittels Stehlager, Wandlager oder Hängelager, jedenfalls aber mit Rücksicht auf leichte Zugänglichkeit, um eintretende Mängel ohne Mühe beseitigen zu können. — In der Regel dienen zum Lagern von Transmissionswellen Wandlager, welche an den widerstandsfähigen Umfassungsmauern der Arbeitsräume oder an den zur Stützung der Decken oft notwendigen Säulen, also namentlich in den sog. Shedbauten, in zulässig geringster Höhe ihre Befestigung finden. Solche Wellen, welche sehr bedeutende Triebkräfte aufnehmen müssen, erhalten ihre Lagerung zweckmässiger auf Böcken oder mitunter auf Stehlagern in gemauerten, geräumigen, leicht zugänglichen, hellen, bedeckten Kanälen, welche unter dem Fussboden herlaufen und mit festen Fundamenten zur Aufnahme der Lagerplatten versehen sind. Leichte Wellen dahingegen können auch mittels Deckenlager von den Decken getragen werden, namentlich wenn diese zwischen eisernen Balken und Trägern gespannt sind, die sich ohne weiteres zur Aufnahme der Lager eignen.

Bei der Anbringung der Lager ist darauf zu sehen, dass sämtliche Lagerachsen genau in eine gerade Linie fallen, damit die eingelegten Wellen keine Biegungen mit den dadurch verursachten Klemmungen oder einseitigen Reibungen erfahren. — Da eine genaue Einstellung der Lager ausserordentlich leicht und sicher mit denjenigen Lagern zu erreichen ist, welche bewegliche Lagerschalen nach Art der Gelenklager (S. 21) besitzen, so ist es begreiflich, dass diesen Lagern für Transmissionswellen ein grosser Vorzug eingeräumt wird, zumal die verhältnismässig langen Schalen (ihre Länge ist gleich dem vierfachen Zapfendurchmesser) einen kleinen Einheitsdruck und geringere Abnutzung hervorrufen, sowie ein leichtes Nachstellen gestatten.

Die Transmissionswellen werden in erster Linie durch das übertragene Kraftmoment auf Drehung, ausserdem aber durch ihr Eigengewicht sowie durch die Gewichte der auf ihnen angebrachten Elemente (Kupplungen, Räder), als auch durch den Zug von Riemen etc. auf Biegung in Anspruch genommen. Um diese Biegung möglichst klein zu erhalten, ist eine passende Entfernung der Stützpunkte (Lager) und die Anbringung der genannten Elemente in nächster Nähe dieser Stützpunkte geboten. — Der Angriffspunkt der Triebkraft liegt aus diesem Grunde sogar am vorteilhaftesten unmittelbar zwischen zwei Lagern. — Im Durchschnitt bestimmt man die Lagerentfernung E von Lagermitte zu Lagermitte nach der Formel

$$E\ m = 0{,}7\ (1 + \sqrt{d})$$

in welcher d den Wellenzapfendurchmesser in *cm* bedeutet und erhält danach für:

d =	3	4	5	6	7	8	9	10 *cm*
E =	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9 *m*

Ist man aus örtlichen Rücksichten, z. B. durch Stellung der Pfeiler, Entfernung der Fenster u. dergl. genötigt, von dieser Entfernung abzuweichen, so ist eine Abweichung in der Weise zulässig, dass man je nach der Wellenbelastung von dieser Entfernung $^3/_4$ bis $^4/_3$ nimmt.

II. Riementrieb.

Sowohl die Zuführung der Triebkraft auf die Transmissionswellen als die Entnahme derselben zum Zwecke Werkmaschinen anzutreiben, kann durch alle jene Elemente erfolgen, welche eine Drehbewegung fortpflanzen, also: hauptsächlich durch Kurbel, Krummachse, Räder und Schrauben. Von diesen Elementen jedoch sind die Räder weitaus die wichtigsten, da die Kurbel, Krummachse und Schraube höchst selten als Drehelemente bei Transmissionswellen Verwendung finden. — Je nachdem ferner die Räder als Reibungsräder oder Zahnräder benutzt werden, unterscheidet man beim Rädertrieb: 1) Reibungstransmission und 2) Zahntransmission. — Beide zerfallen weiter, entsprechend der Rädereinteilung (S. 46 etc.) in direkte und indirekte Reibungs- und Zahnradtransmission, beziehungsweise Transmission durch Reibräder, Riemen, Seile, Zahnräder und Ketten.

Unter allen diesen Elementen steht der Riemen in erster Linie, weil der Riementrieb überwiegend zur Anwendung gekommen ist. Die Bevorzugung des Riementriebs allen anderen Triebwerken gegenüber ist in folgenden Punkten begründet:

1. Der Riemen gestattet ohne weiteres die Anwendung grosser Geschwindigkeiten, ist somit besonders zu grossen Geschwindigkeitsübersetzungen geeignet und lässt demgemäss die kleinsten Wellen und deren Vorteile zu.
2. Der Riementrieb zeichnet sich durch Einfachheit in der Anlage, durch Geräuschlosigkeit im Betriebe und die Möglichkeit der direkten Uebertragung auf grössere Wellenentfernung, sowie jeder Winkelübersetzung aus.
3. Etwaige Betriebsstörungen im Riementrieb lassen sich leicht erkennen und beseitigen.

Die Geschwindigkeit des Lederriemens kann erfahrungsmässig bis auf 32 *m* in der Sekunde gesteigert werden, ohne dass ungünstige Erscheinungen auftreten. Infolgedessen sind die Riemen auch im stande, sehr grosse Triebkräfte zu übertragen und zwar nach der kurzen Regel, dass ein ein-

facher Riemen von 0,7 *cm* Dicke und 50 *cm* Breite bei 32 *m* Geschwindigkeit 175 PS, oder unter gewöhnlichen Umständen soviel PS zu übertragen vermag, als die Welle Umdrehungen in der Minute macht. Mehrere Doppelriemen nebeneinander sind befähigt 1000 PS fortzupflanzen.

Zur direkten Uebertragung bedarf der Riemen zweier Riemenräder, deren Durchmesserverhältnisse für die Geschwindigkeitsübersetzungen ausgewählt und deren Drehrichtung durch Anwendung offener oder gekreuzter Riemen (S. 53) bestimmt wird. Dabei ist darauf zu achten, dass bei horizontalen oder schrägen Riemenlagen der führende Riementeil sich unten befindet. — Man unterscheidet (S. 53) selbstleitende oder geleitete Triebe, jenachdem die Anwendung von Leitrollen überflüssig oder erforderlich ist. Durch Anbringung von Leitrollen ist es möglich, die mannigfaltigsten Riementransmissionen herzustellen, wenn die S. 53 erklärte Regel beobachtet wird. — Ein Beispiel dieser Art zeigt der sog. Winkelriementrieb (Fig. 230)

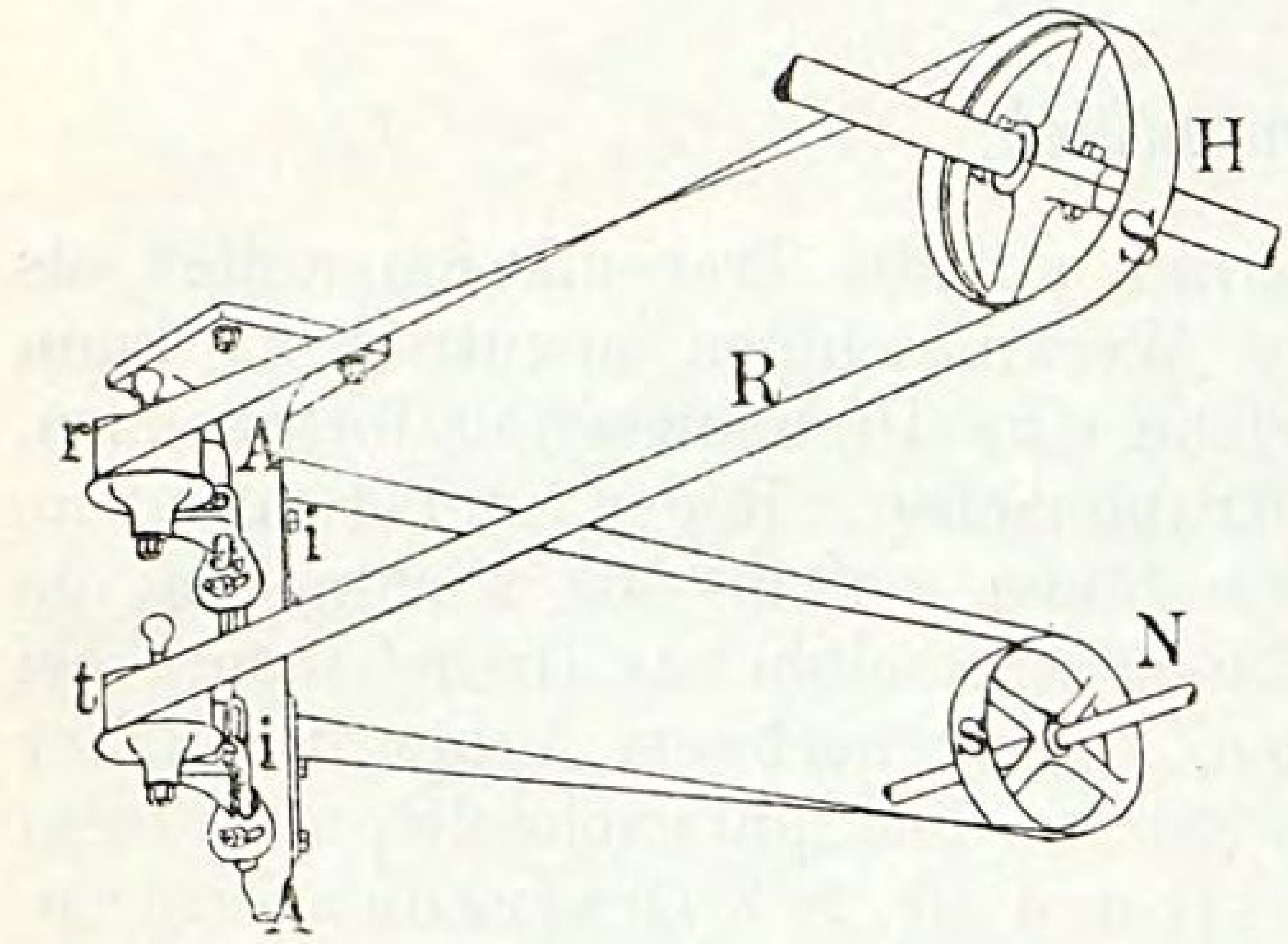


Fig. 230.

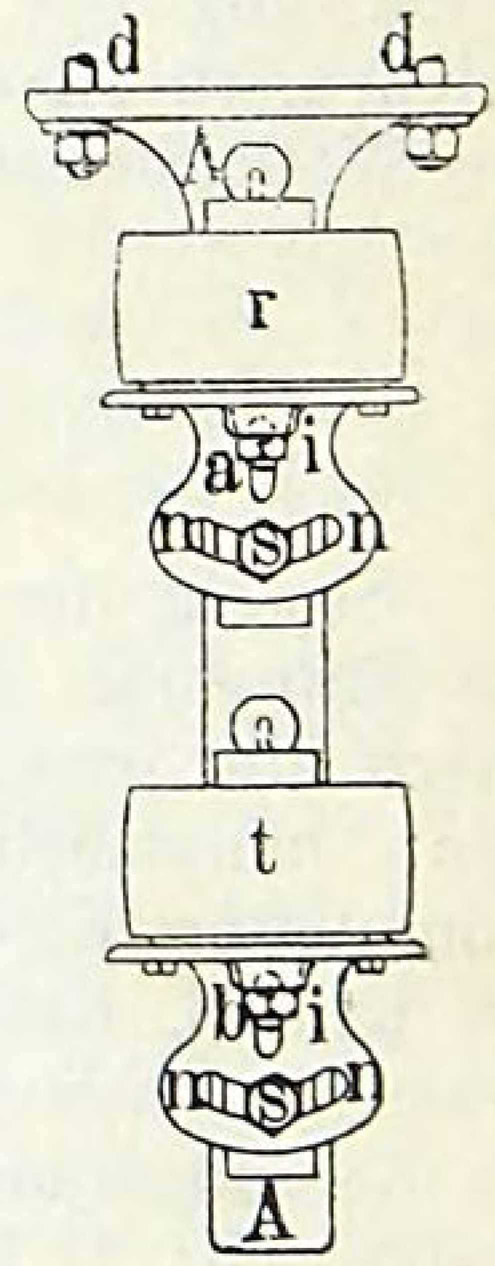


Fig. 231.

als Ersatz für Kegelräder. Bei demselben läuft der Riemen R von der Scheibe S der Hauptleitung H über die Leitrolle r zu der Scheibe s der Nebenleitung N und über die zweite Leitrolle t zu der Scheibe zurück. — Die Regelung des Riemenauflaufs wird wesentlich erleichtert und unter Umständen sogar erst möglich, wenn die Leitrollen ein gewisses Maass von Beweglichkeit besitzen, die eine Aenderung der Rollenachsenlage zulässt. Dadurch sind besondere Riemenleiter zur Ausbildung gekommen, welche wie die Lager an den Wänden, Decken u. s w. angebracht und darnach Wand-, Decken-Riemenleiter genannt werden. Aus der einen Deckenriemenleiter darstellenden Fig. 231 geht die allgemeine Anordnung dieser Riemenleiter hervor. Ein runder, hohler, gusseiserner Schaft A A trägt zwei Konsolen a und b, welche mit Büchsen zur Aufnahme der festen Achsen ausgesattet sind, um welche sich die Rollen r und t drehen. Diese Konsolen erhalten eine derartige Befestigung mit dem Schaft A A (Fig. 230) mittels je eines starken durch einen vertikalen Schlitz gesteckten Schraubenbolzen i i, dass damit eine vertikale Verstellung erreicht ist. Sodann dient dieser Bolzen als Drehachse für eine Drehung der Konsolen vor dem Leiter,

deren Feststellung darauf durch die Schrauben s, s erfolgt, welche durch die Bogenschlitze n n der Konsolen hindurchgehen. Zur Befestigung dieser Leiter unter der Decke dienen die Schrauben d, d. — Ein Wandriemenleiter erhält statt des Schaftes A A eine länglich viereckige Platte zur Aufnahme der Konsolen und Befestigung an der Wand. — Dass die Achsen der Riemenrollen an diesen Leitern auch horizontal liegend angebracht werden können, bedarf nur der Andeutung.

Die Uebertragung der motorischen Kraft auf andere Elemente ist nach dem Grundsatz durchzuführen, dass möglichst wenig Zwischenteile erforderlich werden. Die einfachste Uebertragung mittels Riemen beansprucht demnach nur eine Scheibe an der Transmissionswelle und eine an der Nebenwelle oder der sog. Triebspindel der Werkmaschine. Nur ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass jede Werkmaschine ausser Betrieb gesetzt werden soll, ohne die Welle anhalten zu brauchen. Demnach ist die Anbringung einer die Bewegung der Werkmaschine abstellenden Vorrichtung (S 54) notwendig, die allgemein aus einer L e e r s c h e i b e nebst A u s r ü c k e r besteht. Zum Zwecke einer leicht zu bewerkstelligenden Verschiebung des Riemens ist die Anordnung empfehlenswert, bei welcher der Durchmesser der Losscheibe etwas kleiner als der Durchmesser der Festscheibe ist und diese an dem der Losscheibe zugekehrten Rande kegelförmig bis zum Durchmesser der Losscheibe sich verjüngt. Beim Verschieben des Riemens mittels des Riemenführers gleitet der Riemen dann an dem Kegel abwärts leicht auf die Losscheibe, und umgekehrt wird derselbe sofort von dem Kegel gefasst und auf die Festscheibe hinübergezogen. — In einzelnen Fällen begnügt man sich in sehr unvollkommener Weise zum Abstellen mit dem einfachen Abwerfen des Riemens von der Scheibe.

Bei grösseren Geschwindigkeitsübersetzungen, ganz besonders aber für Werkmaschinen, deren Bestimmung verschiedene Geschwindigkeiten erheischt, sind vermittelnde Teile anzubringen, welche die Betriebsart der Werkmaschinen nicht unmittelbar von der Transmissionswelle abhängig machen und in dem sog. V o r g e l e g e vereinigt sind. Ein Vorgelege ist als eine Nebenwelle aufzufassen, die entweder an der Decke oder an der Wand, oder auf dem Fussboden, oder auch auf dem Maschinengestell selbst gelagert und demnach als D e c k e n -, W a n d -, F u s s - oder G e s t e l l - V o r g e l e g e bezeichnet wird. Die allgemeine Einrichtung eines Deckenvorgeleges geht aus Fig. 232 hervor: Die Welle w w ist in den Deckenlagern L L mit beweglichen Schalen gelagert und zum Antrieb mittels des Riemens R mit der festen Scheibe f versehen. Die Abgabe der Triebkraft erfolgt durch die Stufenscheibe S, welche einen 4 fachen Geschwindigkeitswechsel zulässt und selbstverständlich mit einer gleichen Stufenscheibe in umgekehrter Reihenfolge an der Werkmaschine korrespondirt. Zum Anlassen und Abstellen dient der Riemenführer r r. Derselbe besteht aus einer flachen, an den Lagergestellen L L geführten Stange r r mit der zweizinkigen Gabel g, die den Riemen umfasst. Das schnelle Verschieben des Führers erfolgt durch einen um b drehbaren Hebel a b c, der bei a mit einer Schnur oder einem Draht h, bei e mit einem Gewicht und bei n mit einem Zapfen versehen ist, welcher in eine an r r angebrachte kleine Kulisse eintritt. Ein Ruck an der Schnur hebt daher das Gewicht c und den Zapfen n, so dass beide einen Halbkreis beschreiben und der Zapfen mittels der Kulisse

die Stange r r nebst Riemen R mitnimmt, während das Gewicht diese Bewegung beschleunigt. Indem hierbei der Hebel in eine umgekehrte Lage gerät, wird ein nun folgender Ruck auch die umgekehrte Wirkung hervorrufen und den Riemen von der Losscheibe l auf die feste Scheibe f hinüberschieben.

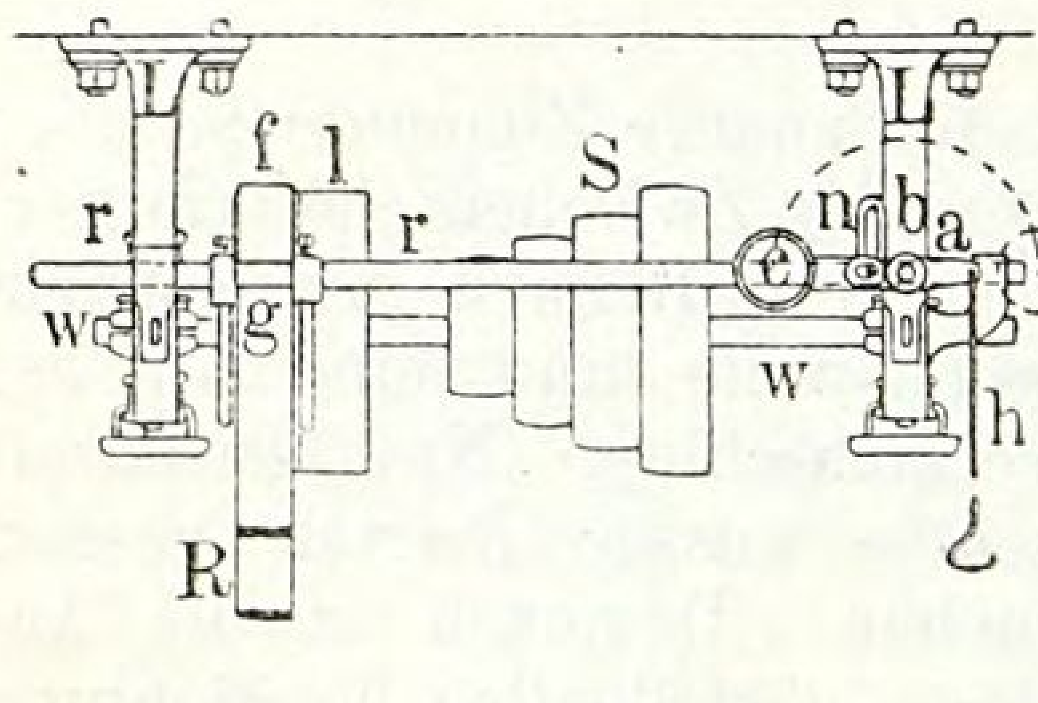


Fig. 232.

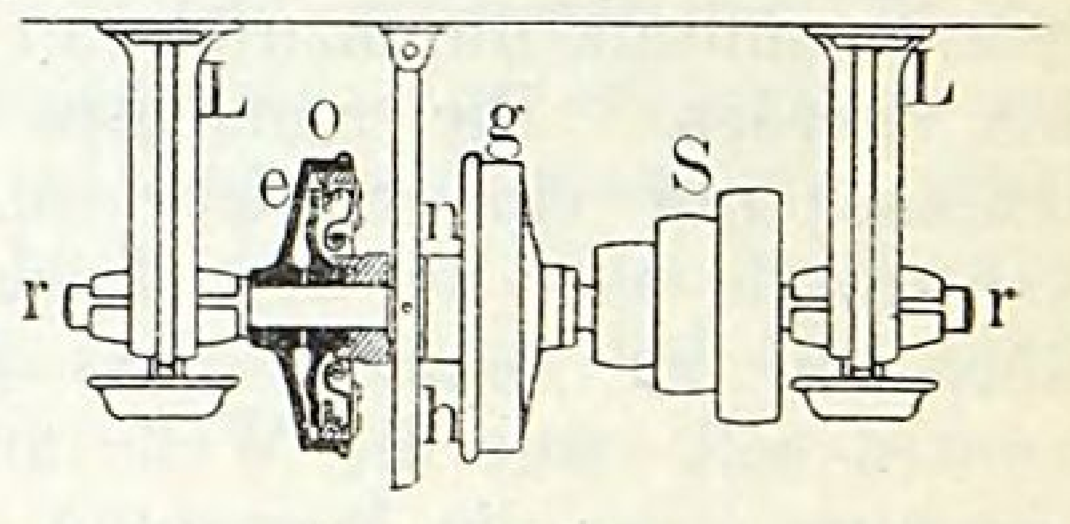


Fig. 233.

In manchen Fällen soll den Werkmaschinen neben einer wechselnden Geschwindigkeit auch eine wechselnde Drehrichtung erteilt werden, z. B. bei zahlreichen Werkzeugmaschinen, Aufzügen etc. Hierzu benutzt man am zweckmässigsten abwechselnd einen offenen und einen gekreuzten Riemen, die man von der Hauptwelle aus auf die Riemenscheiben o und g des Vorgeleges (Fig. 233) führt, welche mit Reibungskupplungen angetrieben werden. Zu dem Zwecke sind hier zwei gleiche Reibungsrückkupplungen o und g auf einer auf der Welle r r verschiebbaren Muffe n angebracht, die mittels des Aus- und Einrückers h bewegt wird und somit entweder o oder g einkuppelt und dabei zugleich in der Mittelstellung beide Scheiben unberührt, also die Welle r r in Ruhe lässt. Die Anordnung der Reibungskupplung (Dohmen-Leblanc) geht aus der Durchschnittszeichnung der Scheibe o hervor. Auf der Welle r r sitzt lose die Scheibe e; durch Andrücken der Muffe n werden mittels elastischer, haken- oder S-förmiger Druckstangen vier Pressklötze in einem im Innern von e angebrachten vierarmigen Kreuz verschoben und gegen die innere Kranzfläche der Scheibe gepresst, wodurch die Mitnahme der Welle ohne Stoss erfolgt, wie umgekehrt ein Auskuppeln stattfindet.

Ist es notwendig, bei der Uebertragung der Triebkraft unter Benutzung des Vorgeleges sehr kleine Geschwindigkeitsänderungen vorzunehmen, so versieht man die Vorgelegewellen an Stelle der Stufenscheiben mit Riemenkegeln (S. 55).

III. Zahnräder- und Schnurtrieb.

Neben dem Riementrieb steht am häufigsten der Zahnrädertrieb und zwar mit direktem Eingriff in Benutzung zur Uebertragung der verschiedensten Triebkraftgrössen in verhältnismässig geringen Entfernungen und mit geringer Geschwindigkeit, aber sowohl zwischen parallelen als sich schneidenden oder kreuzenden Wellen, wonach die Radform (S. 58) bestimmt wird.

Als die zulässig grösste Geschwindigkeit der Zahnräder ist etwa 20 *m*

anzunehmen, woraus sich ergiebt, dass bei einer Transmissionswelle mit 150 Umdrehungen ein Zahnrad von mehr als 3,8 *m* im Durchmesser nicht mehr angewendet werden soll. Hieraus lässt sich erkennen, dass grössere Uebertragungsentfernungen nur mit Hilfe von Zwischenrädern (S. 47) möglich sind und demgemäss zweckmässiger durch Riemen erreicht werden. Andererseits sind Zahnräder besonders geeignet für geringere Wellenabstände und Uebertragung bedeutender Triebkräfte z. B. zur Verbindung der Transmission mit der Kraftmaschine, zu welchem Zwecke u. a. die Schwungräder der Dampfmaschine mitunter als Zahnräder ausgeführt werden. Desgleichen sind Zahnräder unentbehrlich, wenn es sich darum handelt, das angenommene oder bestimmte Uebersetzungsverhältnis unter allen Umständen genau innezuhalten, weil bei Zahnrädern das bei Riemen vorkommende Gleiten wegfällt.

Am seltensten verwendet man an Transmissionen Hyperbelräder- und Schraubenübertragung aus den S. 63 erwähnten Gründen.

Auch ist bei inneren Transmissionen der Gebrauch des Seiltriebes (S. 57) fast ganz beschränkt auf die Uebertragung der Triebkraft von der Kraftmaschine auf die Haupttransmissionswelle. Gewöhnlich benutzt man dazu Seile aus Hanf. — In einzelnen Fällen sind Stahlschnüre aus schraubenförmig gewundenem Stahldraht in Anwendung gekommen.

IV. Maassnahmen zur Verhütung von Unfällen an Transmissionen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Triebwerke ihrer Natur nach zu denjenigen Betriebsteilen gehören, welche ausnehmend grosse und verschiedene Gefahren für die damit und daran beschäftigten Personen in sich schliessen und demnach zur Verhütung dieser Gefahren Maassnahmen notwendig machen, welche die Ursachen der Gefahren beseitigen oder vermindern und die grösste Aufmerksamkeit verdienen. Zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bestehen zum Teil besondere Vor- und Einrichtungen, zum Teil Vorschriften für die beteiligten Personen.

Bezüglich der hier in betracht kommenden Vor- und Einrichtungen sind solche zu nennen, welche schon bei der Anlage getroffen werden oder solche, welche während und zum Betriebe in Thätigkeit zu treten haben.

A. Schutzvorrichtungen.

Die Unfälle an Transmissionen ereignen sich hauptsächlich dadurch, dass Kleidungs- oder Körperteile (Finger, Hände, Füsse) von den in Bewegung befindlichen Teilen ergriffen, oder dass die beteiligten Personen von losgerissenen oder abspringenden umherfliegenden Teilen getroffen werden. Zur Verhütung von Unfällen sind daher die Maassnahmen im allgemeinen darauf zu richten, dass ein Ergreifen möglichst ausgeschlossen und das Herumfliegen loser Teile verhindert wird.

Um diese Vorgänge zu vermeiden ist bei der Anbringung der Transmission zunächst thunlichst eine Lage anzuordnen, bei welcher die bewegten Teile ausser dem Bereiche des Verkehrs der beteiligten Personen sich befinden und dennoch eine die geringste Gefahr darbietende Zugänglichkeit behalten. — Hiernach ist u. a. die Höhe für die Haupttransmissionswelle zu bemessen, indem die grösste auf derselben notwendige Scheibe nicht in das Verkehrsbereich hineinragen, daher mindestens 2 *m* über dem Fussboden liegen soll. Erfordert

diese Anordnung eine Lage der Welle über dem Fussboden in einer Höhe von mehr als 4 *m*, welche die Zugänglichkeit erschwert, so kann letztere durch Anbringung einfacher, an der Decke aufgehängter Gallerien erreicht werden, welche neben der Transmission herlaufen und mit Geländern und Fussbrettern versehen sind. Machen dahingegen örtliche Verhältnisse eine solche Höhenlage unmöglich oder nicht wünschenswert, so soll man alle bewegten Teile, welche so belegen sind, dass Menschen bei der Arbeit oder beim Verkehr in Berührung mit denselben geraten können, mit Schutzvorrichtungen umgeben. — Diejenigen Teile, welche zur Verbindung der Transmissionselemente (Riemenscheiben, Zahnräder, Stellringe, Kupplungen etc.) mit den Wellen dienen (also Keile, Schrauben u. dergl.) sind ohne vorstehende Nasen und Köpfe anzuordnen, beziehungsweise zu versenken, oder im Falle eine solche Anbringung nicht thunlich ist, gehörig einzukapseln.

Im einzelnen ist noch folgendes zu bemerken. — Transmissionswellen sollen, sofern sie im Verkehrsbereich der Arbeiter, d. h. niedriger als 1,8 *m* über dem Fussboden liegen, mit Schutzkästen umgeben sein. — Transmissionsriemen und Seile, welche sich im Verkehrsbereiche nicht mindestens 1,8 *m* über dem Fussboden befinden, oder durch den Fussboden hindurchgehen, sind bis auf 1,5 *m* mit festen Kästen oder Rinnen zu versehen. Erhalten die Riemen und Seile eine Geschwindigkeit von mehr als 500 *m* in der Minute und laufen dieselben über Arbeitsstellen oder Verkehrswege, so dass sie beim Reissen Personen treffen können, so müssen sie auf der gefahrbringenden Seite durch Schutzleitern, Schutzbretter oder Fangeisen gesichert werden. Eine bewährte Anlage dieser Art ist in Fig. 234 skizzirt. Der über die Scheiben A und B und durch eine Decke beziehungsweise einen Fussboden D laufende Riemen R erhält im oberen Raume eine Einfriedigung a in der Höhe von 1,5 *m* sowie an der ablaufenden Seite eine Schutzwand b und im unteren Raume eine Schiene c, welche die Gewalt des Schlages bricht und am zweckmässigsten wie oben mit den Querstangen d und e versehen ist, wovon d das Schleudern der Riemen und e das Aufwickeln des abgeworfenen Riemens auf die Welle verhindert. — Zur Umwehrung von Rädern, welche in das Verkehrsbereich reichen oder ein Abbrechen und Herumschleudern von Teilen, z. B. Zähnen befürchten lassen, bedient man sich Kästen von Holz, Blech oder Gusseisen in Segment- oder Halbcylinderform mit Seitenabschlüssen, die über die Räder gelegt und genügend befestigt, aber zum Wegnehmen, z. B. durch Aufklappen, eingerichtet werden. Nicht unzweckmässig sind Umwehrungen in Gitterform oder aus entsprechend starkem Drahtgeflechte, weil diese die Besichtigung der Räder ohne Wegnahme gestatten.

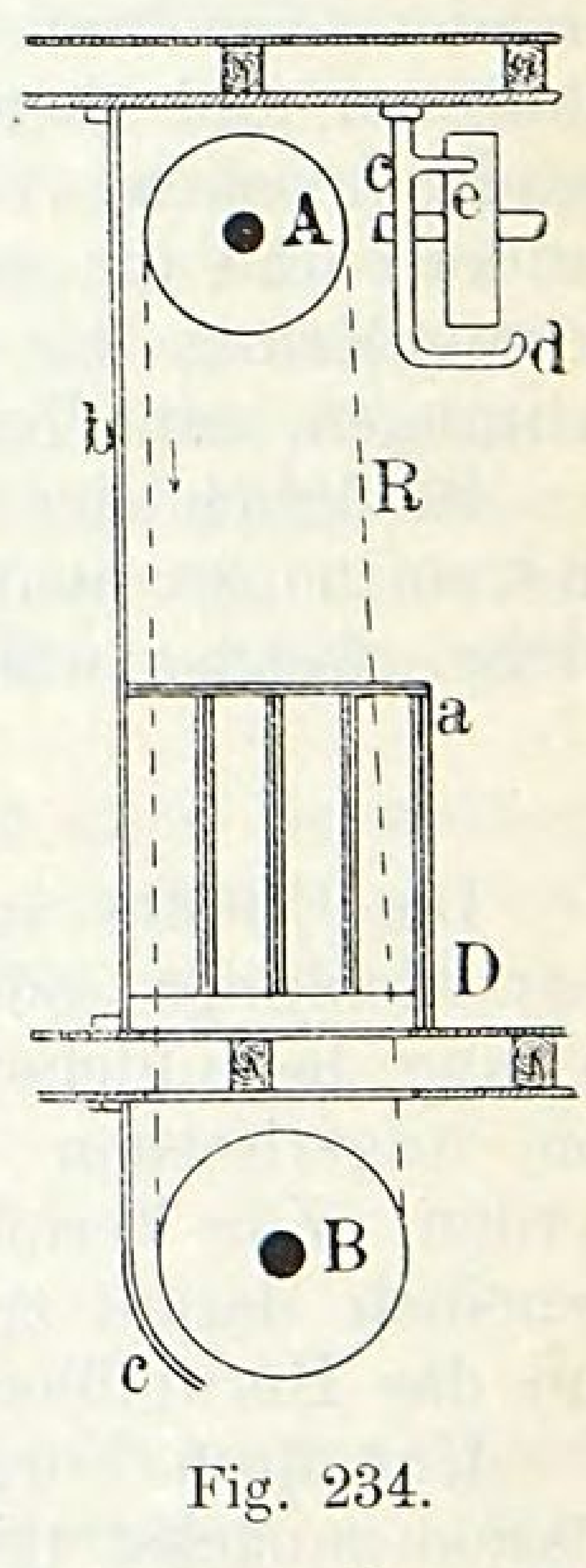


Fig. 234.

Die hauptsächlichsten Arbeiten, welche während des Betriebes an Transmissionen vorkommen, sind das Schmieren, Reinigen, Abstauben und Repariren der Wellenleitungen und der auf den Wellen sitzenden Teile, das Annähen und Kürzen der Riemen, das Ein- und Ausrücken der Kupplungen und Riemen und das Auflegen und Abwerfen der Riemen. — Mit Ausnahme der zwei letztgenannten Arbeiten an Kupplungen

und Riemen sollen, wenn irgend thunlich, alle andern Arbeiten vermieden werden, während die Transmission in Bewegung ist; kann ein Aufschub oder ein Stillstellen aus irgend einem Grunde nicht stattfinden, so bedarf es für solche Arbeiten besonders dazu geschickter und beauftragter Personen.

Das Schmieren der Wellenlager, der Losscheiben u. dergl. erfolgt daher am zweckmässigsten mit sog. Selbstschmierern, womit alle Lager versehen sein sollen, und deren Füllung und Instandhaltung immer während der Arbeitspause stattfinden kann. — Ist aus triftigen Gründen die Anbringung von Selbstschmierern nicht angezeigt, so darf ein Schmieren der Wellen nur von einem festen Standpunkte aus mit einer an einer Stange angebrachten Oelkanne vorgenommen werden. Zur Bedienung schwerer und nicht leicht zugänglicher Wellen sind zu dem Zwecke besondere Gallerien oder Bühnen zu errichten. — Dasselbe gilt für das Reinigen und Putzen, wozu man sich vorteilhaft einer hölzernen Stange bedient, welche am Ende mit einem halbkreisförmig gebogenen Eisenhaken versehen ist, den man mit losen Stricken umwickelt. Dieser Haken wird von einem festen Standpunkte aus über die Welle gelegt und längs derselben verschoben. — Aehnliche aber mit Bürsten ausgestattete Stangen gebraucht man zum Abstauben der Riemenscheiben und Riemen, aber stets mit der Vorsicht, dass man das reinigende Werkzeug an der ablaufenden Seite in Thätigkeit bringt — Bei sämtlichen Arbeiten sind Leitern soviel wie möglich zu vermeiden, stets aber so einzurichten, dass ein Ausrutschen unmöglich ist, d. h. mit Spitzen, Haken, Schuhen u. s. w. zu versehen.

Müssen Riemen, Seile etc. zusammengenäht, gebunden oder ausgebessert werden, so darf das nur während des Stillstandes der Transmission geschehen. Ausnahmsweise kann diese Arbeit nur dann ohne Unterbrechung der Bewegung gestattet sein, wenn durch besondere Riemen- etc. Träger (Fig. 234e) der abgeworfene Riemen von der Welle sicher entfernt gehalten und dadurch am Aufwickeln verhindert wird.

Da das Aufbringen der Riemen und Seile auf die Scheiben, sowie das Abschlagen derselben von den Scheiben mit der Hand sehr oft Verletzungen zur Folge hat, so ist es geraten diese Arbeit nur ausnahmsweise und dann auch nur für schmale, 7 *cm* in der Breite nicht überschreitende Riemen zuzulassen. Regelmässig sollte diese Arbeit mit sog. Riemenauflegern vorgenommen werden. In der einfachsten Form besteht ein solches Werkzeug aus einer genügend langen hölzernen Stange, welche mit einem eisernen Beschlag ausgestattet ist, der im wesentlichen (Fig 235) einen Finger b und, einen rechtwinklig zur Stange A stehenden Arm a trägt, dessen Bestimmung es ist, den Riemen aufzunehmen und an der auflaufenden Seite auf die Scheibe zu schieben, welche den Riemen sogleich fasst und mitnimmt. — Um das seitliche Abgleiten der Stange zu verhindern, giebt man derselben auch wohl statt des Dornes b eine Scheibe c (Fig. 235) und zum sicheren Erfassen einen um die Längsachse drehbaren Zapfen a_1. — Bei den beschriebenen einfachen Auflegern bereitet an gespannten Riemen das Zurückziehen des zwischen Scheibe und Riemen eingeklemmten Armes Schwierigkeiten, welche zu vermeiden sind, wenn der Arm eine Einrichtung erhält, die ein Mitführen desselben bis zu dem Punkte zulässt, an welchem der Riemen von der Scheibe abläuft. Diese Erwägung hat zur Konstruktion des in Fig. 236 hergestellten Auflegers (Pretzel) Veranlassung gegeben. An dem oberen Ende der Stange A befindet sich ein nach einem Viertel-

kreis gebogenes Schienenpaar a b, das bei b durch einen Bolzen fest miteinander verbunden und in der Längsrichtung mit einer Nut versehen ist. An dieses Paar legt sich ein gleiches Paar c d an, welches bei c durch

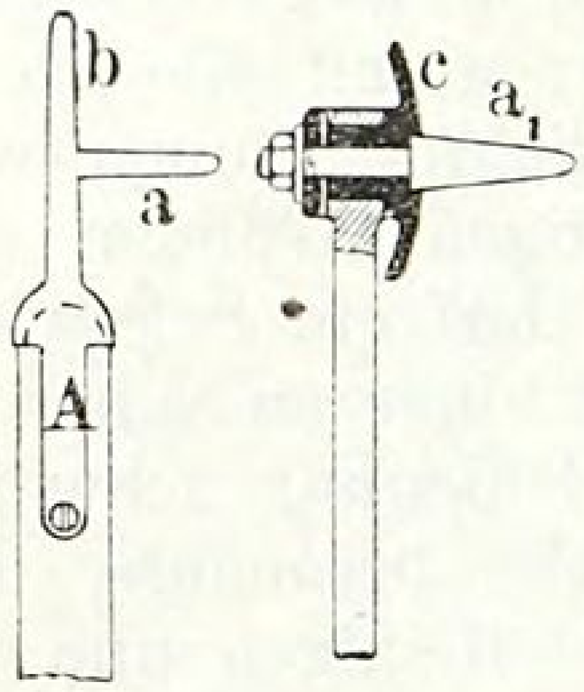


Fig. 235.

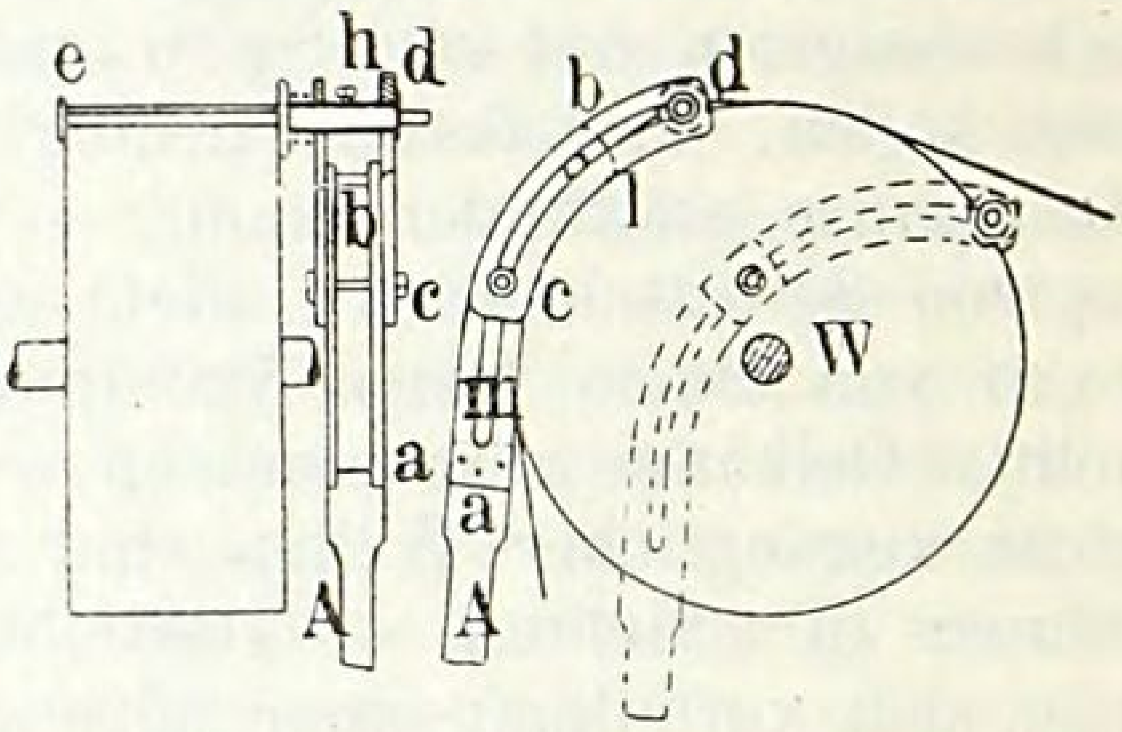


Fig. 236.

einen Bolzen verbunden ist, der in der Nut gleitet und bei d den Riemen arm d e trägt, während der Verbindungsbolzen b durch den Schlitz des Schienenpaares c d tritt. Dadurch wird das letztere längs a b verschiebbar und geeignet in die punktirte Lage zu geraten. Der Riemenarm d e besizt zwei Scheibchen, wovon das grössere auf einer lose auf dem Arm steckenden zweiten Hülse sitzt, die mit der Querhülse bei h durch eine Spiralfeder verbunden ist. Der aufzulegende Riemen wird zwischen den beiden Scheibchen gefasst, deren Entfernung entsprechend der Riemenbreite durch Verschiebung des Armes in der Hülse zu bemessen ist. Unmittelbar nach dem Auflegen des Riemens bei zusammengeschobenen Schienen, verschiebt sich das äussere Schienenpaar längs des inneren, bis der Arm c d von Riemen und Scheibe frei wird (punktirte Lage) und über die Welle W zurückgezogen werden kann.

Ein einfacher Riemenaufleger (Dreyer) besteht aus einem feststehenden Bogenstück aus Bandeisen oder Blech, welches statt einer Losscheibe neben der Festscheibe etwa 5 *mm* tiefer angebracht ist und etwa $^1/_3$ Kreis umfasst. Auf diesen Riemenhalter wird der Riemen mittels der Rückers geschoben, um den sofortigen Stillstand der Welle zu bewirken, wobei der Riemen in Ruhe zu liegen kommt. Zum Anlassen bewegt man den Ausrücker in entgegengesetzter Richtung, wodurch der Riemen sofort auf die zu dem Zwecke konisch abgedrehte Scheibe gelangt, sie in Umdrehung versetzt, und auf dieselbe aufläuft.

Namentlich bei schweren Riemen, deren Handhabung mittels der Auflegerstange mühsam ist, empfiehlt sich die Anbringung eines Auflegers, der neben der Riemenscheibe sitzt und nur eine geringe Kraft notwendig macht, um in Thätigkeit zu kommen und deshalb auch wohl selbstthätig genannt wird. — Unter den zahlreichen Ausführungen desselben zeichnet sich die in Fig. 237 dargestellte (Bach) durch besondere Einfachheit aus. An einer um die Scheibenwelle drehbaren von dem Hängelagerbock b getragenen Nabe oder Büchse sitzen zwei Arme a_1 a, welche 60° auseinanderstehen und mit je einer nach der Riemenscheibe S abfallenden Schiene zur Aufnahme des Riemens R versehen sind. In der rechts sichtbaren Lage dieser Arme, welche an einem dünnen Draht in derselben gehalten werden, befindet sich der Riemen im schlaffen, durch Punktirung angedeuteten Zustande. Soll derselbe auf die Scheibe S gelangen, so ist nur erforderlich, vermittelst einer

Hakenstange den unteren Arm in der durch einen Pfeil bezeichneten Richtung zu heben, bis der obere Arm an die Auflaufstelle vorrückt, wo dann der Riemen an der schrägen Schiene auf die Scheibe gleitet und von dieser gefasst wird, worauf die Arme zurückfallen. Andere Ausführungen bestehen in gebogenen Scheiben, die exzentrisch zur Welle mit den Riemenscheiben fest verbunden sind und unter Vermittelung einer Stange den Riemen fassen und auflegen.

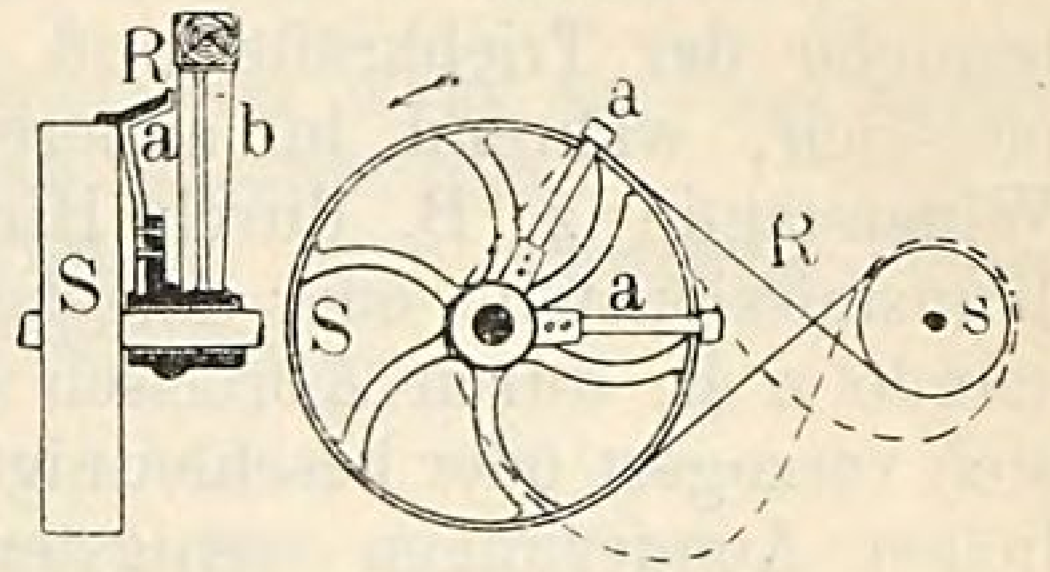


Fig. 237.

Die Vorrichtung zum Ein- und Ausrücken der Kupplungen und zum Auflegen und Abwerfen beziehungsweise Verschieben der Riemen von der Festscheibe auf die Losscheibe haben neben diesem ihren Hauptzweck noch die besonders wichtige Bestimmung, in Augenblicken der Gefahr einzelne Teile der Wellenleitungen oder einzelne Maschinen plötzlich ausser Thätigkeit zu setzen und sind mit Rücksicht hierauf derart zu konstruiren, dass sie schnell und sicher von Menschenhand regiert werden können. Zu dem Zwecke sollen sie bequem erreichbar, schnell wirksam und mit Teilen versehen sein, welche verhindern, dass das ausgerückte Element unverhofft und ohne Willen des Arbeiters wieder in Bewegung gerät. — Die Schnelligkeit und Leichtigkeit, mit welcher Reibungskupplungen zu lösen sind, räumt denselben auch für die in Rede stehende Aufgabe den ersten Platz unter den Kupplungen ein, da ein kurzer Ruck mit der Rückstange zur Trennung der Kuppelteile ausreicht.

Um aus weiter Entfernung oder von jedem beliebigen Platz der Arbeitsräume aus eine Rückstange für Kupplungen und Riemen zugänglich zu machen, empfiehlt es sich, dieselben mit einer durch den Raum sich hinziehenden, von Rollen getragenen Kette zu verbinden, die an allen oder an einzelnen Stellen erfasst werden kann. Zweckmässig ist hierbei die Anbringung eines Gegengewicht nach Art der Ausrückung (Fig. 232 S. 182), welches bei einem Bruch der Kette in Wirkung tritt, indem es das Getriebe ausrückt, so dass die Transmission still steht und damit das Zeichen des Kettenbruchs giebt.

Zur Verhütung eines nicht beabsichtigten Einrückens sind verschiedene Mittel in Gebrauch. Bei Anwendung von Fallgewichten (Fig. 232 S. 182) ist eine hierzu erforderliche Bewegung von vornherein ausgeschlossen. — Ein weiteres sicheres, daher oft angewendetes Mittel besteht darin, dass man die Rückstange mittels einer Schraube mit Handrad in Thätigkeit setzt. — Bei einer anderen Anordnung fällt eine an der Rückstange hängende Klinke zwischen die Zähne eines Zahnbogens. — Oft versieht man die Rückstange mit einer Zugfeder, welche derart gespannt ist, dass sie das Bestreben hat, die Kupplung auszurücken oder den Riemen auf die Losscheibe zu schieben. Eine daneben angebrachte scharnierartig an einem festen Punkte drehbare Stütze drückt infolge eines Hinunterklappens die Stange an, indem sie der Federkraft entgegen wirkt; zum Ausrücken genügt ein Aufklappen dieser Stütze.

Bei schnellaufenden Wellen und Maschinen vergeht nach dem Abstellen der Triebkraft eine mehr oder weniger geraume Zeit bis zum wirklichen Stillstand der ausgerückten Teile. Um diesen mitunter alle Maassnahmen

zur Verhütung von Unfällen in Frage stellenden Zeitraum abzukürzen, ist eine auf die mannigfaltigste Art herzustellende Verbindung der Ausrückungen mit einfachen Bremsen ins Auge zu fassen.

In manchen Betrieben sind bedeutende Unregelmässigkeiten im Verbrauche der Triebkräfte und damit im Gange der Transmissionen unvermeidlich, während in anderen Fällen durch plötzliche Vermehrung der Widerstände z. B. durch Hineingeraten von Gegenständen zwischen die Transmissionsteile, oder umgekehrt durch plötzliche Verminderung der Widerstände z. B. durch Abreissen eines Riemens u. dergl. die Massenbewegung sich verzögert oder beschleunigt und leicht Unfälle verursacht. Um diese plötzlichen Aenderungen wenigstens auf einen Teil der Wellenleitung zu beschränken, bedient man sich zweckmässig zur Verbindung einzelner Wellenstränge der sogenannten selbstthätigen Rückkupplungen, welche eine Trennung der Wellen in dem Augenblicke vollziehen, in welchem zwischen denselben eine bestimmte Differenz in der Geschwindigkeit eintritt.

B. Verordnungen.

Von weitgehendem günstigstem Einflusse auf die Verhütung von Unfällen an Triebwerken haben sich Verordnungen gezeigt, welche für die an und bei den Triebwerken beschäftigten Personen zusammengestellt und erlassen worden sind, namentlich, wenn auf deren Durchführung und Beachtung mit Strenge gehalten wird. In Form und Inhalt sind diese Vorschriften zwar sehr mannigfaltig, weil sie vielfach besonderen Verhältnissen entspringen und angepasst werden müssen, allein sie beruhen doch sämtlich auf einigen folgenden Grundgedanken.

1. Alle Arbeiten an Triebwerken als Reinigen und Schmieren der Wellen, Lager, Scheiben und Riemen, sowie das Binden, Nähen und Aufbringen der letzteren als auch Ausbesserungen dürfen nur von den für diese Arbeiten besonders ausgebildeten oder beauftragten Personen erfolgen. — Aufs strengste sind diese Arbeiten den weiblichen und jugendlichen Arbeitern verboten.

2. Unverdeckte Maschinenteile, welche sich in Bewegung befinden, dürfen nicht überschritten werden.

3. Das Schmieren der Triebwerkslager und die Beaufsichtigung der Schmiervorrichtungen darf, während das Triebwerk in Bewegung ist, nur vom Fussboden aus oder unter Benutzung von den zu diesem Zwecke überwiesenen Leitern oder Treppen, beziehungsweise von Triebwerksbühnen oder Fahrstühlen aus geschehen.

4. Das Reinigen, Putzen und Abstauben der Wellen, Lager, Seilscheiben, Riemenscheiben und Riemen während des Ganges darf nur vom Fussboden oder festen Bühnen aus geschehen. Die hiefür bestimmten Arbeiter sollen sich geeigneter Werkzeuge (Stäuber, Bürsten, Haken u. dergl.) bedienen, die mit einem Griffe von entsprechender Länge versehen sind. — Das Putzen der Lager, welches vom Fussboden, Bühnen, Fahrstühlen oder Leitern aus vorgenommen werden kann, darf ebenfalls nur mit solchen Werkzeugen geschehen. — Das Putzen der Wellen während des Ganges mit freier Hand unter Benutzung von Putzwolle oder Lumpen ist aufs strengste verboten.

5. Das Nähen, Binden und Ausbessern der Treibriemen im Betriebe ist, wenn dieselben auf den Wellen oder Scheiben liegen, strengstens verboten. — Während dieser Arbeiten sind dieselben von den bewegten Teilen

entfernt zu halten, z. B. durch Aufhängen an einem an der Decke befestigten Riemenhalter (S. 184).

6. Abgeworfene Riemen müssen entweder ganz entfernt oder so aufgehängt werden, dass sie nicht mit bewegten Transmissionsteilen in Berührung kommen.

7. Das Auflegen und Abwerfen von Riemen von mehr als 7 *cm* Breite mit unbewaffneter Hand während des Betriebes ist untersagt.

8. Das Ein- und Ausrücken von Kupplungen oder schweren Treibriemen hat stets vorsichtig und langsam zu geschehen.

In welcher Weise zweckmässig die angegebenen allgemeinen Regeln für besondere Fälle in Verordnungen gekleidet zur Durchführung gelangen können, geht aus untenstehenden Mustern hervor.

Verordnungen zur Verhütung von Unglücksfällen an den Transmissionen,

herausgegeben von dem technischen Verein in Augsburg.

Die Unglücksfälle an den Transmissionen, welche durch Unkenntnis und Unvorsichtigkeit der dabei Beschäftigten herbeigeführt, schon von den traurigsten Folgen für dieselben waren, können durch Beobachtung nachstehender Verordnungen leicht vermieden werden, weshalb das gesamte Arbeiter-Personal zur strengsten Befolgung derselben angehalten wird.

Namentlich haben die Meister diese Verordnungen nicht nur selbst genau zu befolgen, sondern auch neu zugehende Arbeiter gründlich mit denselben bekannt zu machen und deren Beobachtung unablässig und strengstens zu überwachen.

Art. 1. Während die Transmission im Gange ist, ist es ausdrücklich verboten:

a) sich derselben mit Abfall oder Lumpen in der Hand zu nähern, um sie zu reinigen,

b) sich zum Reinigen derselben mittels einer Leiter oder irgend eines andern Gegenstandes über den Fussboden zu erheben.

Art. 2. Während des Ganges der Transmission ist überhaupt nur das Reinigen, resp. Abstauben der Transmissions-Wellen und Riemenscheiben gestattet.

Art. 3. Die Reinigung dieser Transmissionsteile darf stets nur vom Fussboden aus, entweder mittels einer Bürste an langem Stiele (sogen. Transmissions-Abstauber) oder mittels eines mit Schnüren umwickelten Hakens geschehen.

Art. 4. Alle Arbeiter, welche mit diesen oder sonstigen Geschäften an der Transmission betraut werden, sollen dabei mit zugeknöpften Jacken, mit geschlossenen Aermeln bekleidet sein, und weder Schürzen noch Halsbinden mit flatternden Zipfeln an sich tragen.

Art. 5. Die Transmissions-Räder, Auslösungen und Zapfenlager dürfen nur dann gereinigt werden, wenn die Transmission in Ruhe ist.

Art. 6. In der Regel sollen diese Arbeiten nur nach dem Schlusse der Tagesarbeit vorgenommen werden; während eines zufälligen Abstellens der Transmission, oder während der Ruhestunden, sowie morgens vor Beginn der Arbeit, jedoch nur dann, wenn der Turbinen- oder Dampfmaschinenwärter hievon in Kenntnis gesetzt worden ist.

Art. 7. Der Turbinen- und Dampfmaschinenwärter darf in einem solchen Falle seine Motoren und mittels derselben die Transmission nur dann in Gang setzen, wenn ihm hiezu von der betreffenden Stelle aus das Zeichen gegeben wurde, und nachdem er dasselbe beantwortet hat.

Art. 8. Das Ein- und Ausrücken der Saal-Transmissionen darf nur von den eigens hiezu angestellten Personen vorgenommen werden. Jedem Andern ist die Berührung der Auslösungen unbedingt verboten.

Vorstehende Verordnungen werden mit Bezug auf die §§ der Fabrikordnung unseren Arbeitern zur Darnachachtung bekannt gegeben.

.................... den 18....

Vorschriften für Transmissionen von der Rheinisch-Westfälischen Maschinenbau- und Kleineisenindustrie-Berufsgenossenschaft.

Die Arbeitsräume sind mit dem Motorenraum durch eine Signalleitung zu verbinden; vor der Inbetriebsetzung des Motors ist ein in allen Arbeitsräumen hörbares Signal zu geben. Bei Neubauten sind die Transmissionen so einzurichten (durch Los- und Festscheiben, Friktionskupplungen u. s. w.), dass die Betriebskraft in jedem Arbeitsraum selbständig ausser Wirksamkeit gesetzt werden kann.

Die Arbeiter dürfen Riemen von mehr als 40 *mm* Breite nur bei Stillstand oder langsamem Gange der Transmission auflegen, wenn kein Riemenaufleger benutzt wird. Auf die Riemen der Stufenscheiben zu Werkzeugmaschinen bezieht sich diese Vorschrift nicht. Das Harzen der Riemen ist zu vermeiden und darf keinesfalls aus freier Hand erfolgen. Jugendlichen Arbeitern unter 16 Jahren sind Arbeiten an im Gange befindlichen Triebwerken, als Reinigen und Schmieren, sowie das Repariren der Riemen streng verboten.

Zweites Kapitel.

Aeussere Transmission.

Die äussere Transmission umfasst die Gesamtheit derjenigen Betriebsteile, welche den Zweck haben, eine Betriebskraft dem Orte der Verwendung, also der inneren Transmission, zuzuführen. — Sie kann als Kurztrieb oder Ferntrieb bezeichnet werden, je nachdem sie die Kraft von einer in der Nähe befindlichen oder einer entfernt gelegenen Kraftquelle überträgt, in welchem ersteren Falle in der Regel Riemen, Seile oder Zahnräder seltener Ketten als Transmissionsteile in Anwendung kommen. — Als Ferntrieb vermag sie jedoch einerseits weit entlegene Naturkräfte (Wasserkraft) nutzbar zu machen; andererseits gestattet sie von beliebig grossen Kraftanlagen

(Dampfmaschinen) mit ihren wirtschaftlichen und technischen Vorteilen den ausgedehntesten Gebrauch. Da sie zugleich von diesen Zentralstationen aus eine unmittelbare Kraftverteilung nach allen Richtungen und in beliebiger Grösse ermöglicht (Zentralanlagen), so gewährt sie neben den genannten Vorteilen noch wesentliche Bequemlichkeiten, so dass sie eine stetig steigernde Verwendung findet und besonders einem Bedürfnisse der Kleinindustrie in dichterer Bevölkerung entgegenkommt.

Als Mittel zur Kraftübertragung kommen hier in betracht:

1) Zugorgane und unter diesen in erster Linie das Drahtseil.

2) Druckorgane, wozu Wasser, Wasserdampf, gespannte Luft u. s. w. in Leitungen gehören.

3) Leitorgane, durch welche elektrische Ströme zur Benutzung gelangen.

Demnach lässt die äussere Transmission sich herstellen mittels:

1) Drahtseiltrieb,
2) Wassertrieb,
3) Dampftrieb,
4) Lufttrieb,
5) Elektrizitätstrieb.

I. *Drahtseiltrieb.*

Der Drahtseiltrieb eignet sich besonders zur Uebertragung von Betriebskräften jeder Grösse bis 1000 und mehr Pferdestärken auf Entfernungen von 20 bis 2000 *m* und findet demgemäss häufig Verwendung zur Ausnutzung entlegener Wasserkräfte, sowie zur Uebertragung der Triebkräfte über Höhen, Tiefen und Flüsse und von Wellen zu Wellen oder zu Werkmaschinen in weit von einander entfernten Arbeitsräumen.

Wenn irgend thunlich pflegt man sich bei Drahtseiltrieben auf Anlagen mit einem Seile zu beschränken, und nur in besonderen Fällen, bei sehr grossen Kräften, die Triebkraft auf zwei oder mehrere Seile zu verteilen, damit der Seildurchmesser 30 bis 35 *mm* nicht überschreitet.

Die Grundlage des Drahtseiltriebes ist dieselbe wie beim Riementrieb, indem ein endloses Seil über zwei Seilscheiben (Kraftrollen) gelegt wird und bei der Drehung der einen Kraftrolle die andere durch Reibung mitdreht. Der Unterschied besteht nur darin, dass die zur Reibung erforderliche Spannung durch das Gewicht des Seiles hervorgebracht wird. Aus diesem Grunde ist die Entfernung zwischen den Kraftrollen (die Seillänge) so zu bemessen, dass das Gewicht des aufgelegten Seiles dieser Bedingung genügen kann, da es fehlerhaft wäre, dieses Gewicht durch Vermehrung der Seildicke zu beschaffen, die unter allen Umständen so klein als möglich genommen wird, um sowohl die Biegungswiderstände als auch die mitzunehmende tote Last möglichst gering zu erhalten. Zugleich ergeben sich dann günstigere Seilscheibendurchmesser, leichtere Lager u. s. w. Als kleinster Abstand zwischen den Kraftrollen kann eine Länge von 15 bis 20 *m* gelten. Bei passenden Lokalverhältnissen dehnt man den Abstand mitunter auf 150 *m* aus; im Mittel beträgt derselbe etwa 120 *m*; für bedeutende Triebkräfte soll diese Entfernung nicht kleiner als 100 *m* sein, damit noch eine Durchsenkung entsteht, welche ausreicht, ohne eine Ueber-

spannung des Seiles diejenige Reibung hervorzubringen, welche die Uebertragung fordert (S. 56). — In einzelnen Fällen, z. B. bei Ueberschreitung von Einschnitten, Thälern, Wasserläufen u. dergl. sind Entfernungen von 150 bis 180 *m* zulässig und zur Ausführung gelangt.

Bei grösseren Abständen der Kraftrollen ist je nach der Entfernung der letzteren durch eine oder mehrere Rollen für eine Unterstützung und Führung des Seiles Sorge zu tragen. Die dadurch bedingte Anordnung wird verschieden getroffen. Vielfach werden in gleichen Entfernungen zwischen den Kraftrollen A und B (Fig. 238 I) sowohl für das obere als das untere Seilstück gleichviel Rollen r r von gleichem Durchmesser angebracht (einfacher Seiltrieb). — In dem Falle, in welchem die Kraftrollen die grösste zulässige Entfernung erhalten, z. B. 120 *m*, ist es zweckmässig, nur das getriebene Seilstück durch eine oder zwei Rollen zu 60 oder 40 *m* Abstand zu unterstützen und zu entlasten, weil dadurch zugleich die zum Umtrieb erforderliche Spannungsdifferenz grösser wird.

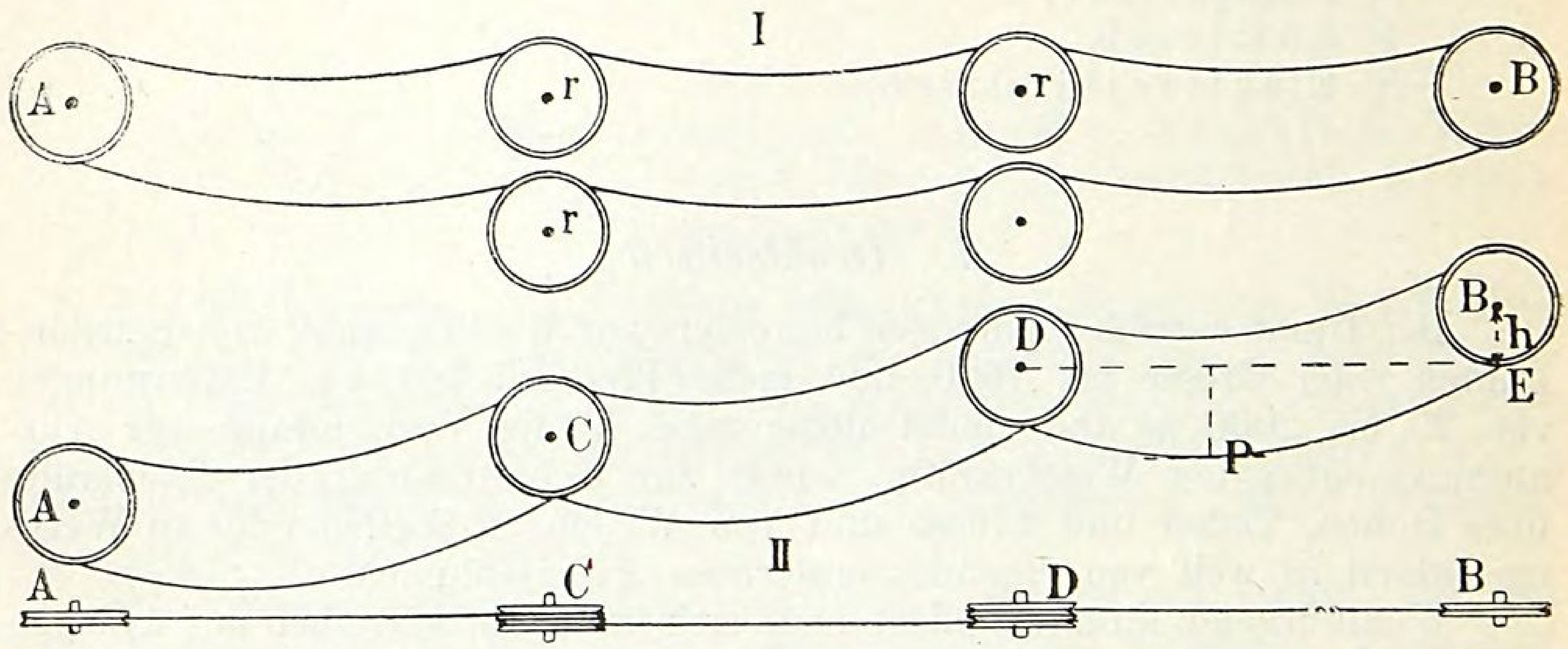


Fig. 238.

Eine andere Führungsart zeigt Fig. 238 II in der Ansicht und im Grundriss. Zur Kraftübertragung von A auf B dienen drei endlose Seile und zwei Rollen C und D mit je zwei Seilrinnen. Das erste Seil läuft über A und C, das zweite über C und D und das dritte über D und B. Man gelangt durch diese Anordnung (zusammengesetzter Seiltrieb) zu kürzeren, bequemer zu handhabenden, endlosen Seilen und unter der gewöhnlich zutreffenden Vorraussetzung, dass die Rollenabstände gleich sind, zu dem Vorteil ein im voraus auf einen solchen Abstand bemessenes und gespleisstes Seil gegen jedes schadhaft oder unbrauchbar gewordene sofort auswechseln zu können. Ausserdem lassen sich ohne weiteres von den Doppelrollen C und D Triebkräfte abzweigen, also Zwischenstationen zur Kraftabgabe bilden (Wechselstationen).

Entsprechend den Durchsenkungen des Seiles und den von diesen abhängigen Entfernungen der Rollen ist die Höhenlage der letzteren zu bestimmen und zwar in der Weise, dass das Seil nicht auf dem Fussboden schleift und auch mit seinem tiefst hängenden Teil nicht in einen Verkehrsraum hineinragt, weil das bewegte Seil grosse Gefahren darbietet und

leicht zu Unfällen Veranlassung giebt. Zur Bestimmung dieser Höhenlage kann als Anhaltspunkt gelten, dass das führende Seil in Bewegung auf 100 *m* Rollenabstand etwa 1,5 *m*, das geführte Seiltrum etwa 3 *m* Durchsenkung erleidet. — Man ist daher genötigt die Lager der Führungs- und Kraftrollen auf mehr oder weniger hohen Pfeilern, Gerüsten oder Türmen anzubringen, welche aus Holz, Eisen, Beton oder Mauerwerk in sehr verschiedenen Konstruktionen hergestellt werden. Am häufigsten verwendet man Gerüste aus Schmiedeisen oder Gusseisen und Türme oder Pfeiler aus Mauerwerk, welche ausser ihrer grossen Stabilität, Sicherheit und Dauerhaftigkeit noch den Vorteil bieten, das Geräusch zu dämpfen, welches bei Anwendung von Kegelrädern zur Kraftabgabe oder Richtungsänderungen an den Wechselstationen infolge der Erschütterungen der Eisengerüste unter der Bezeichnung Mahlen als sehr störend bekannt ist. Die Fig. 239 stellt einen bewährten Turm aus Steinmauerwerk mit der zur Befestigung des Lagers angebrachten Verankerung dar, an dem nur zu bemerken ist, dass dessen Inneres ein Gewölbe bildet.

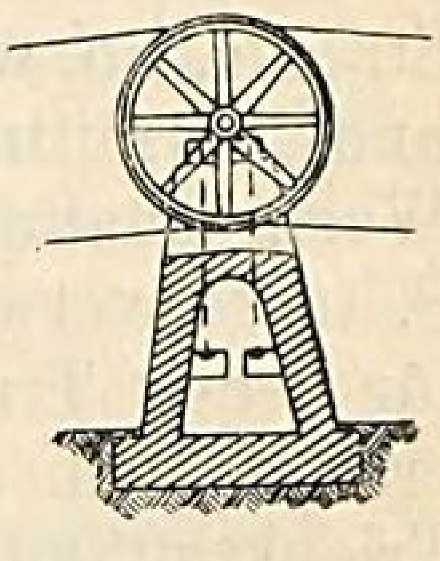


Fig. 239.

Bei der Verteilung der Triebkraft auf zwei Seile ist eine vollständig gleiche Anspannung der Seile und infolgedessen eine gleiche Verteilung nicht zu erwarten. Aus diesem Grunde empfiehlt sich die Anbringung eines Organs, welches die Geschwindigkeitsdifferenzen der zwei Seilscheiben ausgleicht und in einem sog. Differentialräderwerk besteht, dessen Einrichtung aus Fig. 240 hervorgeht. Die Welle w w trägt zwischen den beiden Seilscheiben S und S_1 einen mit w w festverkeilten Kreuzkopf mit zwei Zapfen y, y, um welche sich zwei Kegelräder e, e drehen. Die Seilscheiben S und S_1 dahingegen sind auf Büchsen a a befestigt, welche sich um die Welle w w drehen und wovon jede mit einem Kegelrad i verbunden ist, das in beide Kegelräder e, e eingreift. Man erkennt leicht, dass beide nach einer Richtung sich drehende Scheiben S und S_1 vermittelst der Kegelräder die Welle mitnehmen oder von dieser mitgenommen werden, ohne dabei gleiche Geschwindigkeiten haben zu müssen, weil sich die Kegelräder auf einander wälzen und die Seilscheiben daher gegeneinander beliebig verstellen können.

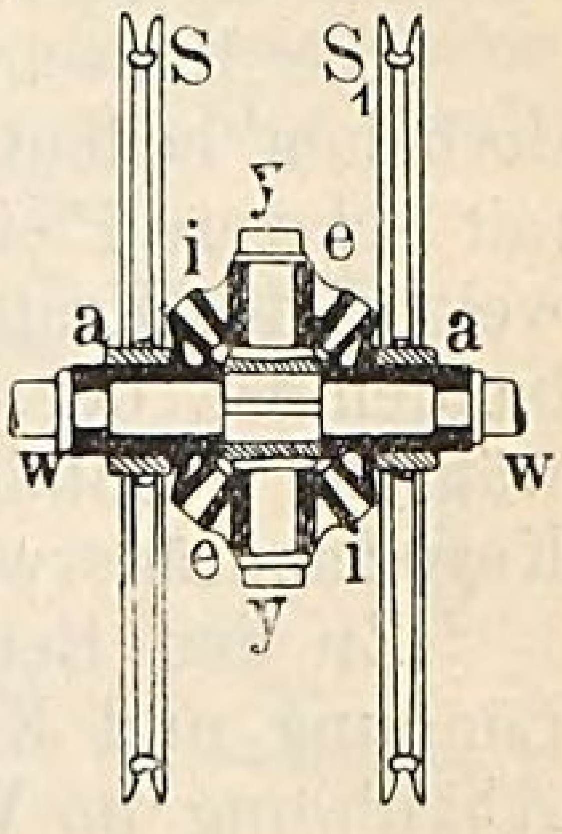


Fig. 240.

Die einfachste und deshalb stets vorzuziehende Anordnung eines Drahtseiltriebes entsteht, wenn die Wellen sämmtlicher Rollen horizontal und in gleicher Höhe liegen. Ist die Höhenlage verschieden (Fig. 238 II), so entsteht der sog. schiefe Seiltrieb, der sich im Wesen nur dadurch vom horizontalen Seiltrieb unterscheidet, dass sich der tiefste Punkt P der Seilsenkung nicht in der Mitte befindet, sondern der tiefer liegenden Rolle D um so näher rückt, je grösser das Verhältnis der Höhendifferenz h zu der Entfernung D E ist. — Wird diese Entfernung D E gleich Null d. h. liegen die Rollenachsen vertikal über einander, so fällt die Senkung mit demjenigen Teil des Seiles zusammen, der die untere Scheibe umspannen muss, und schliesst daher den vertikalen Drahtseiltrieb aus, wenn bei demselben nicht mit Hilfe von Spannrollen mit Federdruck oder Gewichtsbelastung eine genügende Spannung künstlich hervorgebracht wird. Dahin-

gegen lässt sich ein horizontaler Trieb mit einem vertikalen Trieb in der Weise verbinden, dass man das von einer Kraftrolle kommende untere Seilstück mittels einer Leitrolle vertikal abwärts über eine tiefer liegende Kraftrolle und von dieser vertikal aufwärts über eine Leitrolle nach der ersten Kraftrolle horizontal zurückführt. Hierbei ist nur der Abstand zwischen den horizontalen Rollen so weit zu wählen, dass die Seildurchsenkung die genügende Spannung auf die vertikalen Trümer überträgt. — Durch ähnliche Anordnungen (Spannrollen etc.) oder ein stärkeres Anspannen der Seile sind auch da, wo örtliche Hindernisse auftreten, grosse Durchsenkungen zu umgehen, sowie die im Laufe des Betriebes oder durch höhere Lufttemperaturen sich einstellenden Streckungen der Seile auszugleichen.

Verbieten die Umstände die Durchführung der Drahtseilanlage in gerader Strecke, so wählt man Teilstrecken in einer entsprechend gebrochenen Linie und vermittelt den Uebergang von einer Strecke zur anderen an den Wechselstationen durch Kegelzahnräder von einer Achse auf die andere. Seltener verwendet man Seilführungsscheiben an den Wechselstationen, weil für jedes Trum drei Scheiben notwendig sind. Aus denselben Gründen erfolgt auch an den Zwischenstationen die Uebertragung eines Anteils der Triebkraft auf einen Nebentrieb gewöhnlich unter Anwendung von Kegelzahnrädern und stehenden Wellen etc.

Der Umstand, dass der beschriebene Drahtseiltrieb manche Bauschwierigkeiten und Betriebsunzuträglichkeiten darbietet, hat Veranlassung zu sehr bemerkenswerten Vorschlägen für eine Anordnung gegeben, welche in mehreren Punkten von den herrschenden Systemen des einfachen und zusammengesetzten Triebes vorteilhaft abweicht.

Die Bauschwierigkeiten liegen hauptsächlich in den gewöhnlich erforderlichen bedeutenden Höhenlagen der Rollen, durch welche hohe und somit schwere Pfeilerbauten notwendig werden, zumal bei denjenigen Pfeilern, welche die Kraftrollen tragen, noch ein erheblicher einseitiger Zug vorhanden ist, der eine im Verhältnis zur Höhe stehende Pfeilerbreite verlangt, während ebenfalls die Pfeiler für Teilstationen wegen des aufzunehmenden Kegelzahnräderwerkes grosse Abmessungen beanspruchen. —

Zu den Betriebsunzuträglichkeiten gehören in erster Linie die durch Längung und Kürzung der Seile infolge von Erwärmung im Sommer und Abkühlung im Winter, und durch Dehnung infolge des Gebrauchs und des unvermeidlichen Aufdrehens der Seile entstehenden mitunter, namentlich bei langen Seilen, sehr bemerkbaren Spannungsunterschiede, deren Ausgleichung ein häufiges Nachspannen oder Nachlassen bedingt, in einzelnen Fällen sogar ein neues Spleissen notwendig macht.

Vorstehende Erwägungen begründen die von Professor Reuleaux ausgegangenen Vorschläge, nach welchen durch Bau niedriger Pfeiler eine selbstthätige Spannungsausgleichung und die Vermeidung von Kegelzahnrädern auf den Stationen zu erreichen ist.

Zu dem Zwecke wird empfohlen, das Seilwerk eines ganzen Triebes von der treibenden bis zur getriebenen Rolle aus einem einzigen endlosen Seile zu bilden, damit soviel als möglich nur leicht zu konstruirende Tragrollen zur Anwendung gelangen. — Sodann erhält das Seil eine solche Führung, dass die beiden Trümer in gleicher Höhe zu liegen kommen, wodurch die durch die verschiedenen Höhenanlagen der Rollen (Fig. 238) bedingte grössere Höhe der Pfeiler und die doppelte Lagerung übereinander

wegfällt. — Ferner erfolgt auf den Teilstationen die Abgabe eines Teiles der Triebkraft nicht durch Kegelzahnräder sondern von eingeschalteten Seilscheiben aus. — Endlich sind Einrichtungen getroffen, welche dem Seil selbstthätig dauernd eine gleiche Spannung sichern.

Eine nach diesen Grundgedanken zusammengestellte Anlage geht aus Fig. 241 hervor. Von der auf der Kraftmaschinenwelle (Turbine) fest-

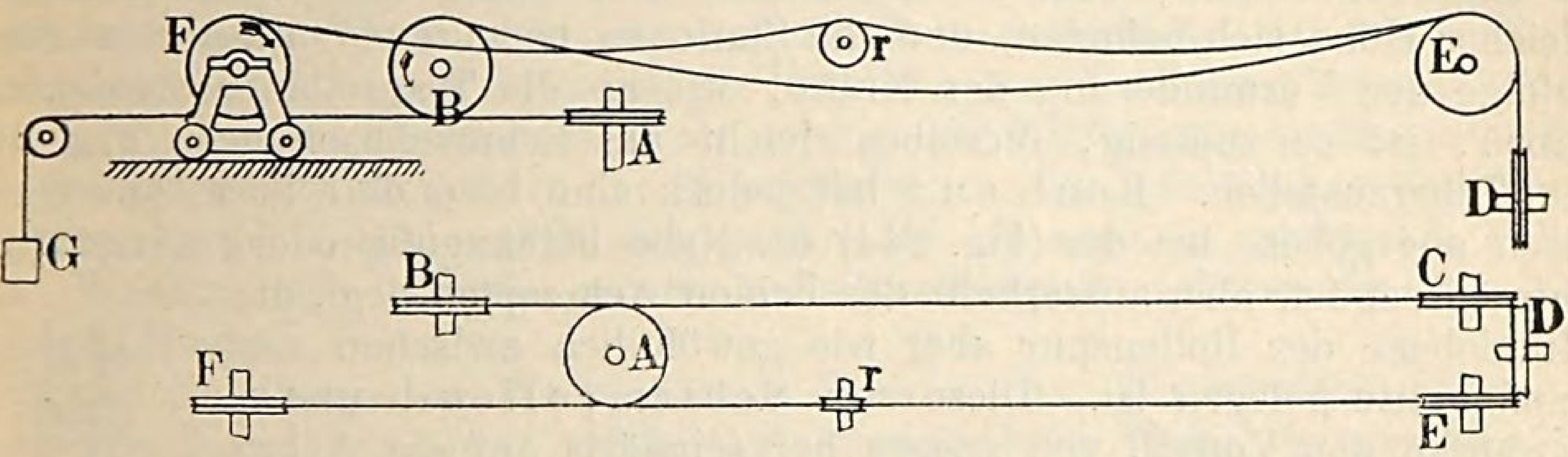


Fig. 241.

sitzenden horizontalen Kraftrolle A gelangt das führende Seiltrum über die stehende Rolle B und die Rolle C zu der zweiten Kraftrolle D, während das geführte Trum in gleicher Höhe über die Rolle F, r und E läuft. Die Rolle F dient dabei als Spannrolle und ist zu dem Zwecke auf einem Spannwagen angebracht, welcher von einem Gewicht G mittels Schnur angezogen und auf zwei wagerechten Schienen zur Erzeugung einer bestimmten gleichbleibenden Spannung bewegbar ist.

Eine zweite Ausführungsform zeigt Fig. 242. Von der stehenden Kraftrolle A läuft das führende Trum über die Rolle B, C nach der Kraft-

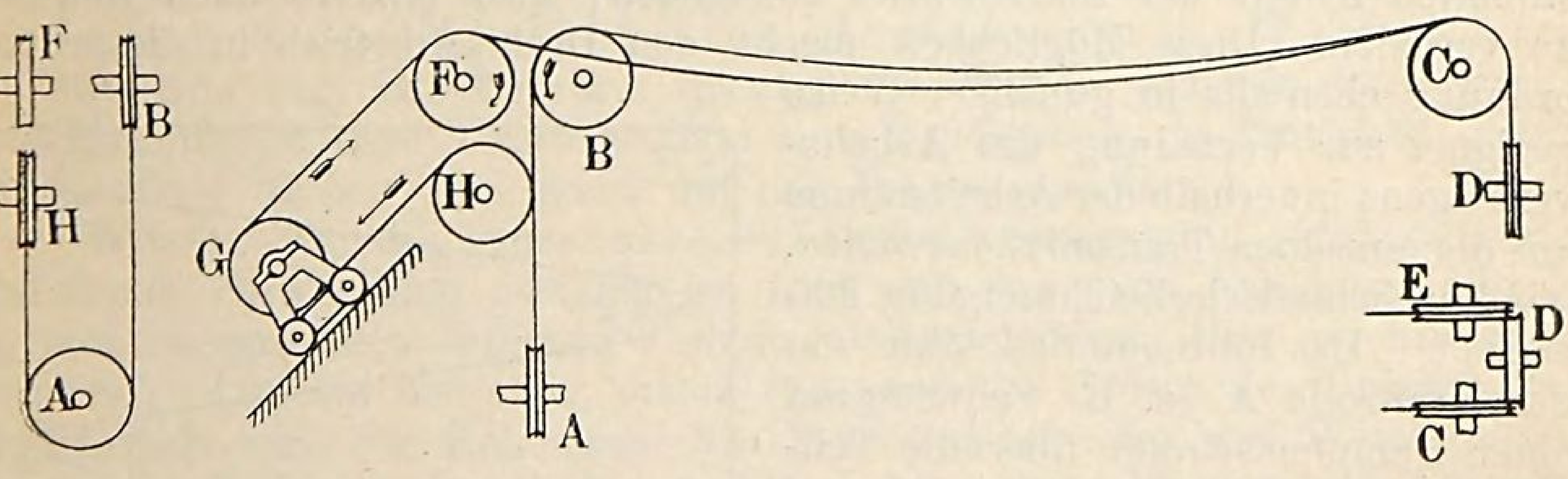


Fig. 242.

rolle D, das geführte über H, G, F und E nach D. Auch hier ist die Rolle G zum Spannen bestimmt und auf einem Wagen gelagert, der auf einer schrägen Fläche durch sein eigenes Gewicht die Spannungsausgleichung hervorruft.

Bei Wechselstationen erhalten die Seile eine Führung, deren allgemeine Anordnung aus Fig. 243 zu erkennen ist. Das Seil läuft über die Rolle C, umschlingt die als Kraftrolle dienende Scheibe D und begiebt sich über die Rolle E wieder in die ursprüngliche Richtung. Begreiflicherweise kann die Achse x

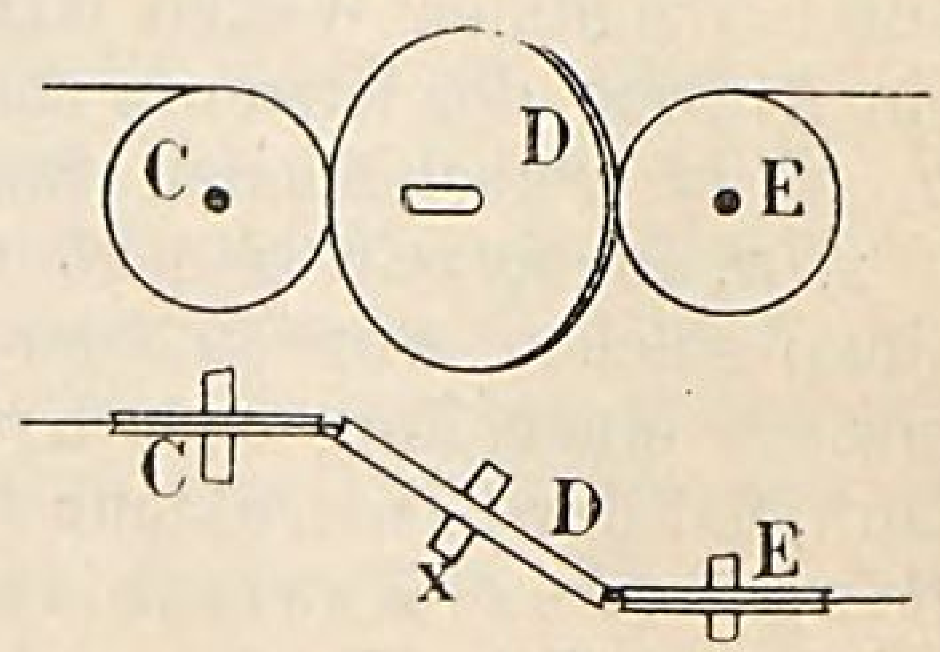


Fig. 243.

der Wechselscheibe D jede beliebige Höhenlage und Richtung in der Horizontalebene erhalten und dadurch auch die Ableitung der Triebkraft sowohl nach allen Richtungen als in allen Höhenlagen z. B. tief unter den Rollen C und E bewerkstelligen, weil die beschriebene Spannungseinrichtung auch Vertikaltrieb zulässt.

Man erkennt ohne weiteres, dass die hochgelegenen Rollen sämtlich so angeordnet sind, dass die Seiltrümer und somit die Rollen selbst in gleicher Höhe sich befinden, und die Stationen bedeutend entlastet werden. Infolge der Verminderung der Kräfte, welche die Tragrollen aufzunehmen haben, ist es zulässig, dieselben leicht aus Schmiedeisen nach Fig. 104 S. 57 herzustellen. Reuleaux hat jedoch eine besondere Form aus Gusseisen angegeben, bei der (Fig. 244) die Nabe halbkugelig oder schirmförmig ausgebildet ist, aber ausserhalb der beiden Achszapfen liegt, die Mittelebene der Rollenspur aber wie gewöhnlich zwischen der Zapfenmitte gelegen ist. Diese sog. Schirmrollen b und c gewähren den Vorteil, von aussen her seitwärts auf die Achse geschoben werden zu können, also frei zu sein und daher niedrige Lagerstühle nach dem Prinzip der Stirnlager (S. 21) zu gestatten, da das Zentrum der Rollen für ein solches Lager wegen der Schirmform Raum bietet. — Zum Stützen solcher Rollen genügen dann in vielen Fällen gut fundamentirte hölzerne Pfosten mit 2 oder 4 einfachen Streben oder mit genügend grossen Grundplatten versehene eiserne Säulen S. Das Lager selbst wird durch ein Blechdach a geschützt.

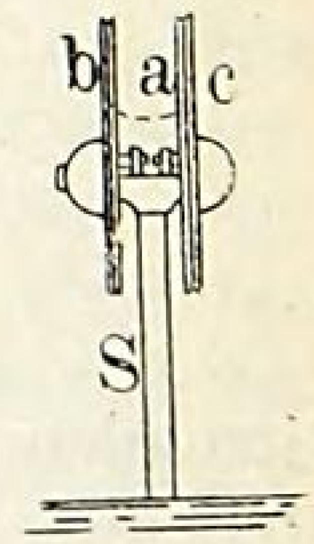


Fig. 244.

Die selbstthätig sich regelnde Spannung mit Hilfe des Spannwagens ermöglicht die Anwendung eines einzigen beliebig langen, endlosen Seiles und einen Seiltrieb mit der Fähigkeit, an einzelnen Stationen einen bestimmten Anteil der Betriebskraft abzugeben, also letztere nach Belieben zu verteilen. Diese Möglichkeit macht den Drahtseilbetrieb in dieser Anordnung ebenfalls in günstiger Weise geeignet zur Verteilung des Arbeitsvermögens innerhalb der Arbeitsräume auf die einzelnen Transmissionswellen, wie die schematische Zeichnung Fig. 245 ergiebt. Das führende Seil läuft von der Kraftrolle A (z. B. Schwungrad einer Dampfmaschine) über die Teilrollen a, b, c, d und e, gelangt darauf zur Rolle f mit Spannungsgewicht G und von dieser über g nach A zurück. Indem die Teilrollen a, b, c, d und e auf horizontalen Wellen sitzen, findet ein Antrieb der letzteren statt, welche u. a. in verschiedenen Stockwerken u. s. w. angebracht sein können. Für einen solchen Antrieb, der gewissermassen einen Ring oder Kreis durchläuft, hat der Konstrukteur den Namen Ring- oder Kreisseiltrieb eingeführt gegenüber der Bezeichnung Linientrieb für das andere System.

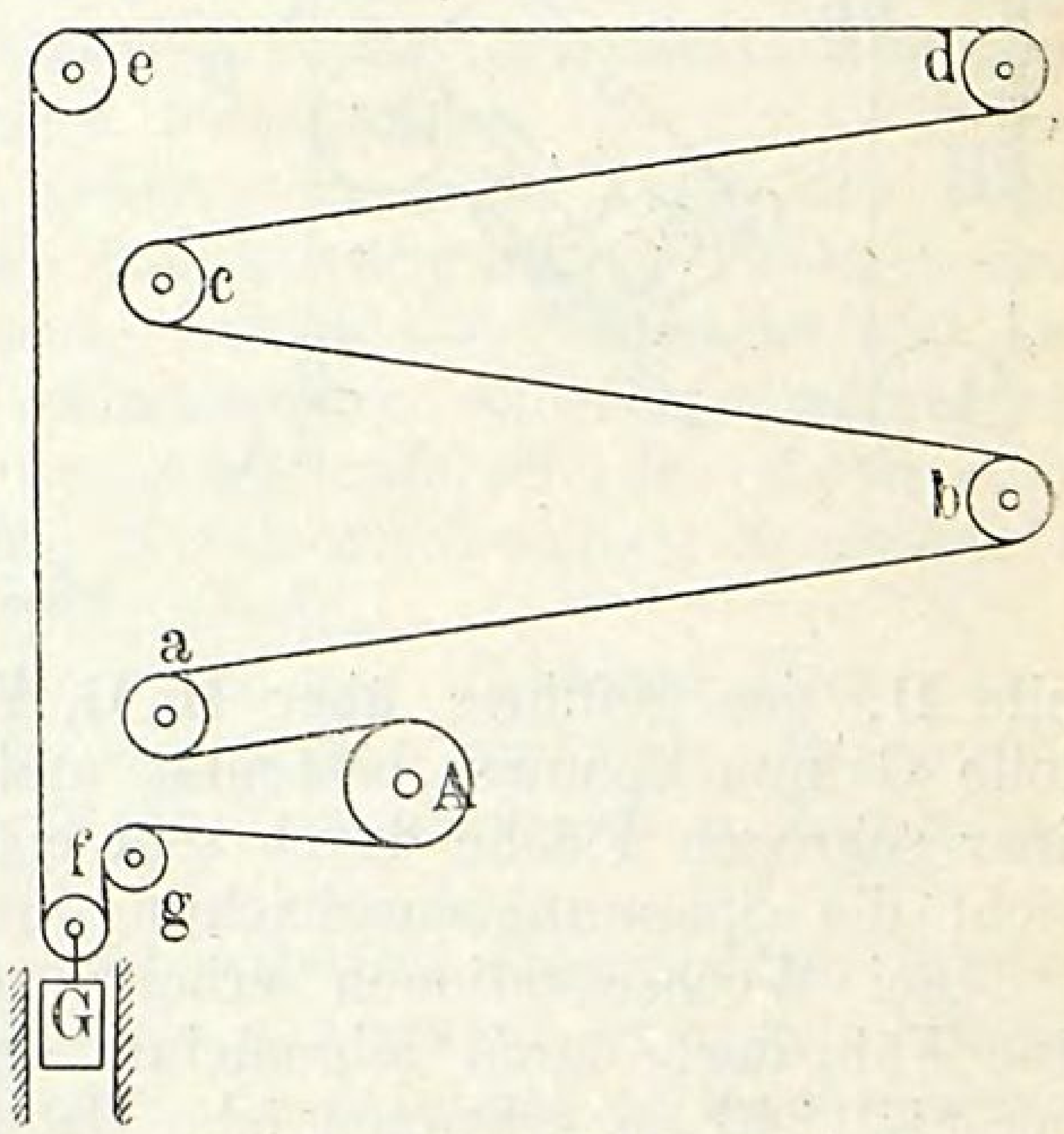


Fig. 245.

II. Wassertrieb.

Die Verwendung des Wassers als Mittel zur Kraftübertragung beruht darauf, dass das Wasser vermöge seiner Unzusammendrückbarkeit imstande ist, einen, an irgend einer Stelle aufgenommenen Druck mittels Röhren fortzupflanzen und damit in bewegtem Zustande Arbeit zu leisten, also Kraftmaschinen oder mit passenden Vorrichtungen zur Aufnahme dieser Triebkraft versehene Werkmaschinen in Thätigkeit zu setzen. Da zugleich die Fortpflanzung der Kraft in beliebiger Richtung und Verteilung sowie, selbstverständlich unter Druckverlust, auf sehr grosse Entfernung durch Leitungen zu erreichen ist, so gehört der Wassertrieb zu den wichtigsten Kraftübertragungs- und Verteilungsanlagen umsomehr, als auch in zahlreichen Fällen das Wasser nach Abgabe seines Arbeitsvermögens anderweitig zum Gebrauch dient.

Die Zuleitung des Wassers zum Zwecke des Wassertriebes (Druckwasser, Kraftwasser) erfolgt auf verschiedene Weise, je nachdem ein natürliches Gefälle von Flüssen, Bächen, Seen, Teichen etc. oder ein künstlich erzeugtes Gefälle oder endlich nur sog. Druckwerke benutzt werden sollen.

Im ersten Falle genügen vielfach offene Gerinne oder geschlossene Kanäle, die jedoch stets von den Stellen an in geschlossene Leitungen übergehen, wo die Aufnahme des Wasserdruckes stattfindet. — Ein sogenanntes künstliches Gefälle wird dadurch erzeugt, dass das Wasser mittels Hebewerke (Pumpen) in Behälter von entsprechender Höhenlage gefördert und aus diesen den Verbrauchsstellen zugeleitet wird, wozu ausschliesslich Rohrleitungen in Anwendung kommen. Diejenigen Behälter, welchen das Wasser zum Zwecke der Verteilung zugeleitet wird und aus denen dasselbe unter einem von der Höhenlage abhängigen Drucke den Gebrauchsstellen zufliesst, führen den Namen Hochbehälter (Hochreservoir, Wasserturm). — Bei den sog. Druckwerken gelangt das Wasser dadurch unter Druck, dass vermittelst einer Kraftmaschine eine Druckpumpe in Thätigkeit gesetzt wird, deren Kolben den Druck auf das Wasser ausübt.

Welches von den genannten drei Zuleitungssystemen in jedem einzelnen Falle zur Verwendung geeignet ist, lässt sich nur nach Erwägung aller in betracht kommenden örtlichen Verhältnisse entscheiden. Hier sei nur daran erinnert, dass bei den zwei ersten Systemen die Grösse des Druckes ausschliesslich von der Höhenlage der Hochbehälter oder der Wasserquellen abhängt, da ja der Druck von 1 Atmosphäre einer Wassersäulenhöhe von 10 *m* entspricht. Bei dem letzten System ist man an diese Höhenlage nicht gebunden, weshalb dasselbe für den in Rede stehenden Zweck sich besonders dann empfiehlt, wenn grosse Drücke der Betriebskraft notwendig oder zweckmässig erscheinen.

Die Pressung, welche dem Druckwasser erteilt wird, ist ausserordentlich verschieden und wechselt zwischen einigen Atmosphären z. B. bei städtischen Wasserleitungen, bis 20 und mehr Atmosphären in besonderen Druckwerken. Einige Anlagen weisen selbst Pressungen von 50 Atmosphären auf. Reicht für gewisse Arbeitszwecke der in den Leitungen vorhandene Druck nicht aus, so lässt sich derselbe mit Hilfe von Druckübersetzungsvorrichtungen beliebig steigern, so dass bereits Pressungen bis zu einer Grösse von 600 Atmosphären erreicht sind.

In bezug auf die Wahl der Druckgrösse ist zu beobachten, dass die Widerstände in einer Druckleitung wesentlich von der Durchflussgeschwindigkeit des Wassers und von der Länge und Weite der Leitungsröhren abhängt, dagegen von dem Drucke in der Leitung ganz unabhängig ist. Aus diesen Gründen ist es empfehlenswert möglichst hohe Drücke also möglichst hohe Wassersäulen zu verwenden, da die Kraftübertragung um so vorteilhafter ausfällt, je höher die Wasserpressung ist.

Zur Erläuterung dieser Verhältnisse kann folgende Zusammenstellung (von Herrmann) dienen, die für verschiedene Druckhöhen von 30 bis 1000 *m* die Abmessungen und Widerstände einer 1000 *m* langen Leitung enthält, welche genügt, bei einer Wassergeschwindigkeit von 1 *m* in der Sekunde eine absolute Arbeit von 10 PS zu übertragen.

Gefällhöhe	30	50	100	200	300	600	1000 *m*
Rohrdurchmesser	17,9	13,8	9,8	6,9	5,6	4,0	3,1 *cm*
Zufluss in der Sekunde	25	15	7,9	3,75	2,5	1,25	0,75 *l*
Gefällverlust	6,8	8,82	12,42	17,65	21,75	30,45	39,3 *m*
Prozentischer Verlust	29,3	17,6	12,4	8,8	7,2	5,1	4,0 Proz.
Wasserinhalt	25000	15000	7500	3750	2500	1250	750 *kg*

Im allgemeinen kann man bei der Anlage der Wassertriebe die Voraussetzung machen, dass die Kraftentnahme also der Wasserverbrauch nicht in jedem Augenblicke gleich sondern sogar ausserordentlich wechselnd ist. Wird die Leitung nun aus Hochbehältern gespeist, in welchen sich diese Unregelmässigkeiten nur durch Schwankungen des Wasserstandes zu erkennen geben, die als vollständig belanglos zu bezeichnen sind, so bedarf es nur ausnahmsweise gewisser Ausgleichsvorrichtungen. Erfolgt dahingegen die Speisung der Leitung mittels Druckpumpen, so ist dafür Sorge zu tragen, dass ein ununterbrochener Ausgleich zwischen Zuleitung und Verbrauch selbstthätig eintritt, weil nur dadurch die schädlichen Einwirkungen auf die Leitungen etc. (S. 95) fern gehalten werden können.

Die Maassregeln, welche zu einem solchen Ausgleiche zu treffen sind, beruhen auf dem Grundsatze, dass der zeitweilige Kraftüberschuss aufgespeichert und bei dem darauf folgenden Mehrbedarf wieder abgegeben wird. Demnach handelt es sich um Vorrichtungen zum Aufspeichern von Wasser unter Druck, welche vollkommen selbstthätig in Wirkung treten und daher auch zugleich als Regler anzusehen sind. Dieselben bilden entweder Hochbehälter oder Windkessel oder besondere machinale Anlagen, welche den Namen **Akkumulatoren** (**Kraftsammler**, **Arbeitspeicher**) erhalten haben und an passenden Stellen in die Leitung eingefügt werden. Demgemäss ergiebt sich die in Fig. 246 dargestellte Anordnung eines Wassertriebes als allgemeines

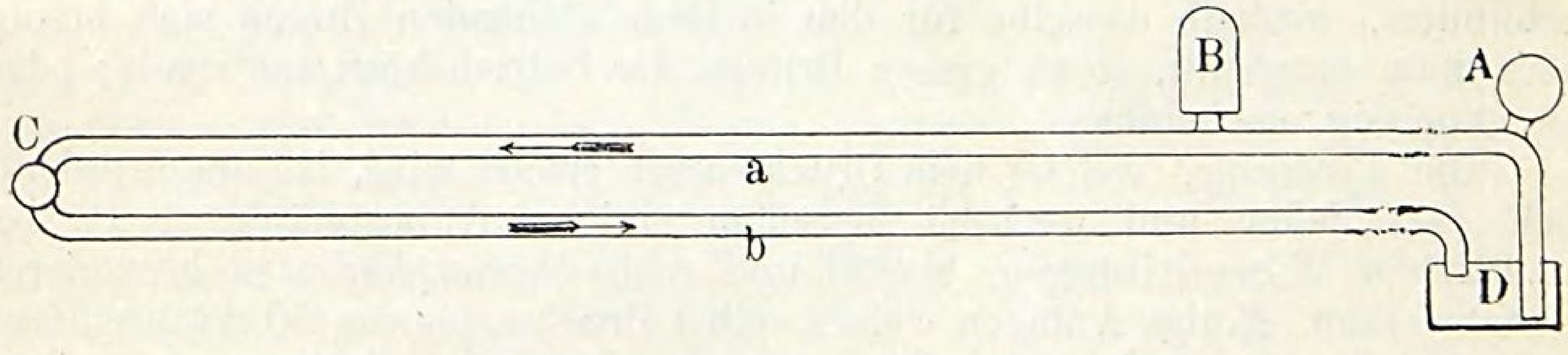


Fig. 246.

Schema. Die in A aufgestellte Kraftmaschine entnimmt das Wasser dem Vorratsbehälter (Brunnen, Bach etc.) D und treibt es unter bestimmtem

Drucke durch die Leitung a der Arbeitsabgabestelle C zum Betriebe einer Kraft — oder Werkmaschine zu. Zwischen A und C ist bei B die Vorrichtung zum Aufspeichern (Hochbehälter, Windkessel oder Kraftsammler) angebracht. Läuft das in C zur Arbeitsleistung verwendete Wasser zu dem Ursprung D zurück, so heisst das System geschlossen; fliesst dasselbe jedoch frei ab (z B. bei städtischen Wasserleitungen) so entsteht das offene System.

Bei der Anwendung eines Hochbehälters ist vor allem zu berücksichtigen, dass der Leitungsdruck von der Höhenlage dieses Behälters bestimmt wird und im allgemeinen dort, wo natürliche Hochreservoire nicht zur Verfügung stehen, 5 bis 6 Atmosphären kaum überschreitet, weil dieser Druck bereits mehr als 50—60 *m* Bauhöhe beansprucht. Dahingegen bietet diese Anlage den grossen Vorteil, dass sie grosse Wassermengen zur Verfügung hält und demgemäss den weitest gehenden Ansprüchen bezüglich der Aufspeicherung genügen kann. Da ausserdem die geringere Druckkraftgrösse beliebig zu multiplizieren ist und das Wasserhebewerk nicht ununterbrochen thätig zu sein braucht, so findet diese Art der Aufspeicherung am häufigsten Verwendung. — In der Ausführung selbst besteht eine Verschiedenheit insofern, als entweder nur ein vertikales Rohr zwischen der Leitung und dem Behälter die Verbindung vermittelt oder als zwei Röhren angebracht werden, wovon das eine (Steigrohr) das Druckwerk mit dem Behälter, das andere (Fallrohr) diesen mit der Leitung in Verbindung setzt. Die bei der letzteren Anordnung erreichte Unabhängigkeit der Leitung von dem Druckwerk, wodurch vor allem die Uebertragung der ungleichförmigen Bewegung des von dem Druckwerk gelieferten Wassers auf die Leitung vollständig vermieden wird, ist der Grund, weshalb sie in den meisten Fällen den Vorzug verdient und erhält. — Statt der Hochbehälter werden neuerdings vielfach auch sog. Standröhren als Sammelgefässe angewendet. Dieselben bestehen aus genieteten Eisenblechröhren von 1 bis 2 *m* Durchmesser und entsprechender (50—60 *m*) Höhe, denen das Wasser unten zugeführt wird, aber in beliebigen Höhen entnommen werden kann.

Mitunter lässt sich auch bei Wassertrieb von der bei der Wasserverteilung vielfach beliebten Beschickung nach Druckzonen d. h. von der Anlage mehrerer Hochbehälter in gleicher oder verschiedener Höhe Gebrauch machen, um die Hebung des für kleine Drücke bestimmten Wassers auf unnütze Höhe zu vermeiden.

Dient ein Windkessel zum Aufspeichern, so erfolgt das letztere in der Weise, dass das Wasser beim Eintritt in den Windkessel die in letzterem vorhandene Luft entsprechend zusammendrückt und dadurch einen Kraftsammler herstellt, der die aufgespeicherte Arbeit vermöge seiner Elastizität also des Ausdehnungsbestrebens ebenfalls stets zur Verfügung stellt. Es besteht zwischen dem Hochbehälter und dem Windkessel demnach der wesentliche Unterschied, dass der letztere eine Drucksteigerung hervorbringt die unabhängig von der Höhenlage und deshalb sehr wechselnd sein kann, während der erstere das Wasser unter gleich bleibendem Drucke abgiebt. — Gelangt das Wasser in dem Windkessel unter hohen Druck, so wird die vorhandene Luft von dem Wasser absorbirt und weggeführt, so dass der Kessel sich allmählich von Luft entleert. Zur Vermeidung einer solchen Entleerung, welche die Wirkung des Windkessels ganz in Frage stellt, wendet man entweder zwischen Wasser und Luft ein trennendes Mittel an (z. B. einen Kolben) oder man presst mittels einer Luftpumpe unausgesetzt

so viel Luft ein, als von dem Wasser verschluckt wird. Um zu ermessen wie gross die aufgenommene Luftmenge werden kann, ist nur darauf hinzuweisen, dass das Wasser bei bestimmter Temperatur auch ein bestimmtes Volumen Luft aufnimmt, gleichviel unter welchem Drucke dasselbe stehen mag. Da jedoch ein gleiches Luftvolumen unter verschiedenen Drücken verschiedene Luftmengen proportional dem Drucke enthält, so richtet sich die verschluckte Luftmenge nach dem Drucke. Bei 8° C. z. B. nimmt unter Atmosphärendruck 1 Vol. Wasser 0,02 Vol. Luft auf entsprechend einem bestimmten Luftgewicht, welches sich bei 12 Atmosphären auch auf das 12fache vergrössert.

Dieses Verhalten der Luft zu dem Wasser einerseits, die Unregelmässigkeiten der Druckgrösse infolge der Zusammendrückbarkeit und Ausdehnungskraft der Luft in den Windkesseln andererseits schliessen es aus, bei wechselnder Entnahme des Druckwassers in den Leitungen einen gleichbleibenden Druck zu erhalten, der bei Anlage von Hochbehältern für jede Stelle des Gebrauchs unter allen Umständen derselbe ist. Aus dem Grunde ist zur Hervorbringung eines konstanten Druckes bei Windkesseln die Anordnung von Druckreglern notwendig.

In einfachster Weise lässt sich mit Umgehung der Hochbehälter, Standröhren und Windkessel ein gleichbleibender Druck dadurch erzielen, dass man einen Kolben in die Leitung einschaltet, der von dem Wasser gehoben und mit einem Gewichte belastet wird, welches den Druck der entsprechenden Wassersäule ersetzt. Die Wirkung eines solchen belasteten Kolbens stimmt mit derjenigen dieser Wassersäule vollkommen überein, indem derselbe mit der Druckwasserzunahme steigt und mit der Abnahme fällt und zwar ohne Aenderung der Druckgrösse, da gewöhnlich die durch die Bewegung des Kolbens entstehende Schwankung in der Druckhöhe infolge der veränderlichen Kolbenlage ausser Betracht bleiben kann, namentlich wenn der Querschnitt des Kolbens genügend gross ist. — Auf diesem Prinzip der belasteten Kolben beruht die Konstruktion und die Anwendung derjenigen Vorrichtungen zur Aufspeicherung von Arbeitsvermögen, welche den Namen Kraftsammler oder Akkumulatoren führen.

Die Anordnung eines gewöhnlichen Akkumulators geht aus Fig. 247 hervor. Derselbe besteht aus der vertikalen, hohlen, mittels Fussplatte gehörig befestigten Säule A, in welcher der als Plunger konstruirte Kolben b von oben her, durch Stopfbüchse abgedichtet, eintritt. An einem von dem Kolben getragenen Teller hängt an mehreren (3 bis 4) Stangen d, e eine Plattform mit langem Rohransatz, welcher zur Führung den Presscylinder A umschliesst. Diese Plattform nimmt die aus rohem Eisenguss hergestellten Scheibengewichte Q auf, welche demnach mit Plattform, Stangen und Teller die Belastung bilden. Der Druckcylinder steht durch das Rohr a mit dem Zulauf, durch das Rohr e mit dem Auslauf in Verbindung. Bezeichnet F den Kolbenquerschnitt, p den Druck in der Wasserleitung und Q die Gesamtbelastung so muss die Bedingung

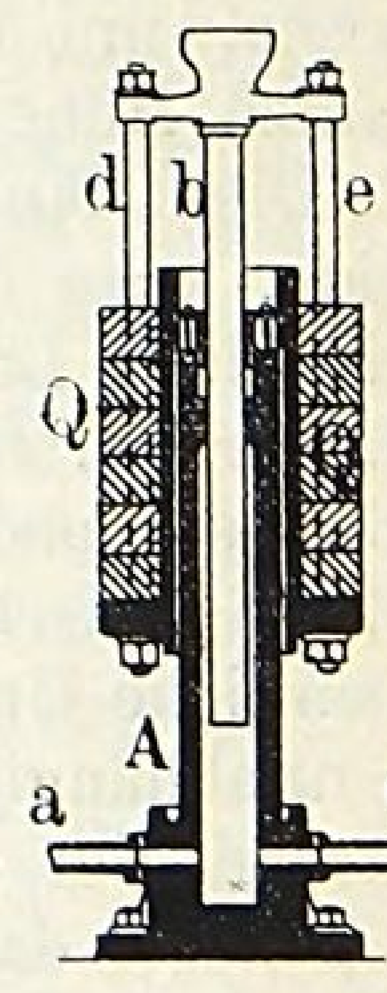


Fig. 247.

$$Q = pF$$

erfüllt sein, um durch einen Ueberschuss von Druckwasser den Kolben ohne Druckveränderung zum Steigen, bei grösserer Entnahme zum Sinken zu

bringen. — Abweichungen von dieser Anordnung kommen mehrere vor; bemerkenswert sind diejenigen, bei welchen zur Erhöhung der Standfestigkeit die Belastung an längeren Stangen unter dem Druckcylinder angebracht und dieser zu dem Zwecke über einem Kellerraum aufgestellt wird, so dass die Belastung sich in dem letzteren befindet.

Eine solche Aufstellung zeigt Fig. 248. In dem Kellerraum A befindet sich sicher auf der Platte P befestigt die Stützsäule B, längs welcher das rund herumlaufende Gefäss G zur Aufnahme des Belastungsmaterials geführt wird. Auf der Säule B ruht der durch das Gewölbe tretende Druckcylinder C, an dessen Kolben a vermittelst der Traverse b und 3 Stangen s, s der Kasten G hängt. Das Wasser tritt von einer Druckpumpe d, die durch Riementrieb r und Exzenter in Thätigkeit gesetzt wird, zum Zwecke des Ladens durch ein Rohr in den Druckcylinder und aus diesem durch ein gegenüberliegendes zur Gebrauchstelle, nachdem der Hahn h geöffnet ist. Damit bei dem höchsten Stande des Druckkolbens die Thätigkeit der Pumpe d aufhört, stösst die Traverse b gegen einen Knaggen n der Stange k, die dadurch mitgenommen wird und vermittelst einer Hebelstange den Riemenführer f so verschiebt, dass der Riemen auf die Losscheibe gelangt.

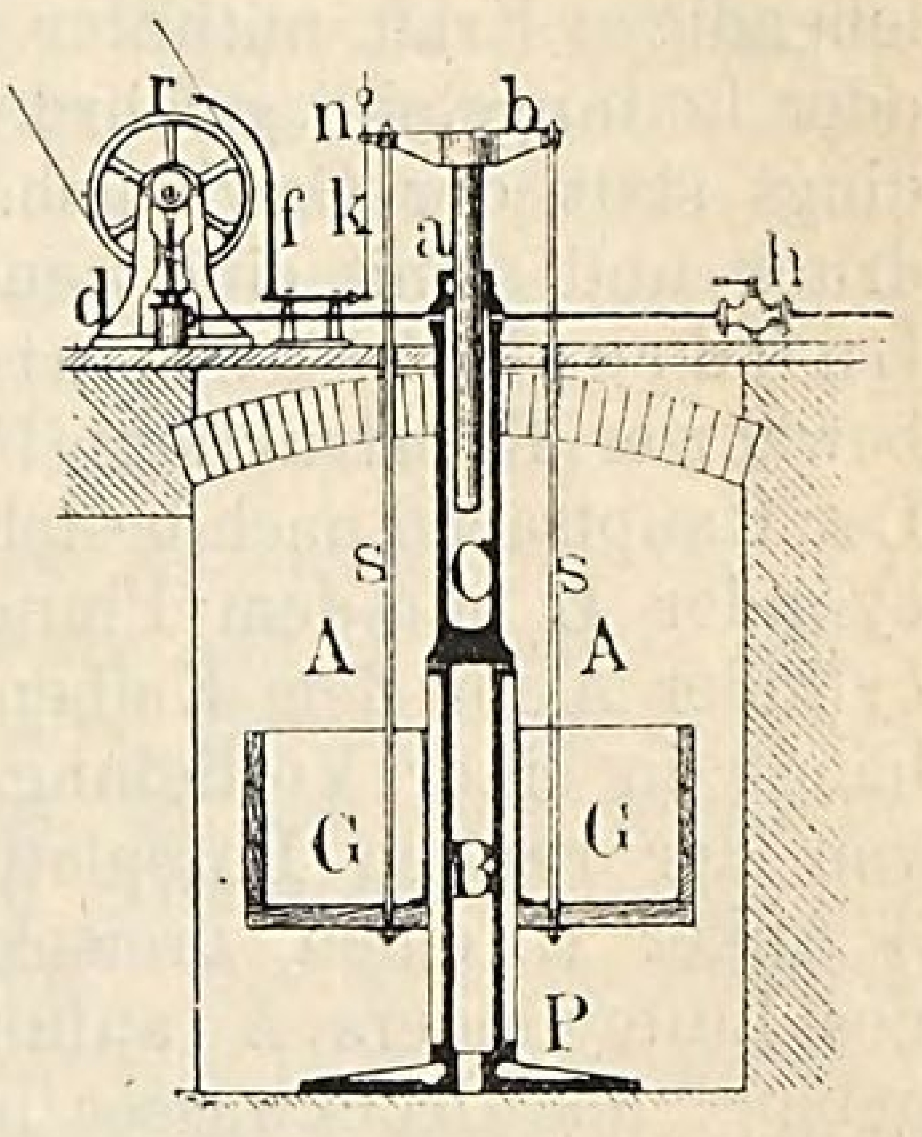


Fig. 248.

Wird an einem Akkumulator beim höchsten Kolbenstande (geladen) die Ab- und Zufuhr des Wassers abgesperrt, so bildet derselbe einen mit Arbeitsvermögen gefüllten Behälter, aus welchem zu jeder Zeit nach Belieben ein Teil der aufgespeicherten Arbeit zur Benutzung gebracht werden kann, indem man durch Oeffnen des Absperrhahnes das Wasser der Werkmaschine zuführt. Dieser Eigentümlichkeit verdankt der Akkumulator eine grosse Verwendung zum Betriebe sog. hydraulischer Werkmaschinen (Krane, Aufzüge, Pressen, Nietmaschinen u. s. w.), weil derselbs eine sehr bequeme und sichere Handhabung gestattet. In diesen Fällen des Gebrauchs findet die Füllung (Ladung) desselben übrigens auch sehr oft durch besondere Druckpumpen statt, wobei die Erzeugung einer Pressung bis 200 Atmosphären nicht mehr zu den Seltenheiten gehört. — Das in den beschriebenen Gewichtsakkumulator gedrückte Wasser erhält eine Spannung p, welche von der Grösse der Belastung Q und dem Kolbenquerschnitt F abhängt. Ein oft vorhandenes Bedürfnis nach Änderung dieser Spannung kann also durch Vermehrung oder Verminderung der aufgelegten Gewichtsstücke oder des Kolbenquerschnittes hervorgebracht werden. Um das mühsame und zeitraubende Auf- und Ablegen der Gewichte zu umgehen, ist demnach nur erforderlich, zum Zwecke der Druckänderung die Kolben so einzurichten, dass man nach Belieben dem Druckwasser grössere oder kleinere Kolbenflächen darbieten kann. Man hat diesen Wechsel in einfacher Weise durch Anbringung mehrerer Kolben (Differentialakkumulator) erreicht, welche fernrohrartig in einander geschoben und durch eine Hahnsteuerung derart unter den Druck gebracht werden können, dass nicht nur jeder Kolben für sich, sondern auch sämtliche Kolben gleichzeitig in Wirkung

zu treten vermögen. In der Regel genügen hierbei zwei Kolben mit 3 Verschiedenheiten (Heinrich). — Auf demselben Prinzip beruht der Gruppenakkumulator mit mehreren Kolben neben einander, die nach Bedürfnis einzeln oder zusammen in Thätigkeit treten.

Die mitunter sehr bedeutenden Belastungsgewichte der Akkumulatoren verursachen bei ihrer Bewegung infolge der dadurch hervorgerufenen lebendigen Kraft mitunter Stösse von solcher Heftigkeit, dass die Leitungen oder Leitungsteile gefährdet sind. Zur Vermeidung dieser Gefahr ist neuerdings statt der Gewichtsbelastung mit Vorteil eine Pressung mittels Luftdruck und somit eine neue Gattung von Kraftsammlern eingeführt, welche Luftdruckakkumulatoren genannt werden. Ein solcher Akkumulator bewährter Konstruktion (Prött und Seelhoff) ist in Fig. 249 dargestellt. Der Hauptsache nach besteht derselbe aus dem Wassercylinder D mit dem Plungerkolben C und dem Luftcylinder A mit dem Kolben B. Der Wassercylinder D hängt in einer Vertiefung des Fussbodens, getragen von der runden Fussplatte E, die zugleich mittels 3 Anker E einen dreieckigen Holm F zum Tragen des Luftcylinders A aufnimmt. Durch das Rohr a gelangt das Druckwasser in den Wassercylinder und bringt den Kolben C und somit auch den mit C fest verbundenen Kolben B zum Heben. Hierdurch erhält die in dem Luftcylinder A eingeschlossene Luft eine Spannung, welche bei der Abwärtsbewegung der Kolben wie eine Gewichtsbelastung zur Wirkung kommt. — Bei diesem Vorgang wird, dem Mariotte'schen Gesetze zufolge, die Zunahme der Luftpressung um so grösser, je kleiner der Luftbehälter ist. Zur Wahrung einer möglichst gleichbleibenden Luftspannung ist daher der Luftbehälter thunlichst gross anzuordnen, was nicht nur durch bedeutende Abmessungen des Luftcylinders, sondern auch dadurch erreicht wird, dass man den Kolben B hohl macht und als Reservoir benutzt, sowie den Luftcylinder A mittels einer Rohrleitung r mit einer entsprechend grossen Anzahl von Kesseln in Verbindung bringt, die ebenfalls Luftbehälter bilden und auch nach Belieben an- oder abgeschlossen werden können, je nachdem eine Druckzunahme erwünscht oder zu vermeiden ist.

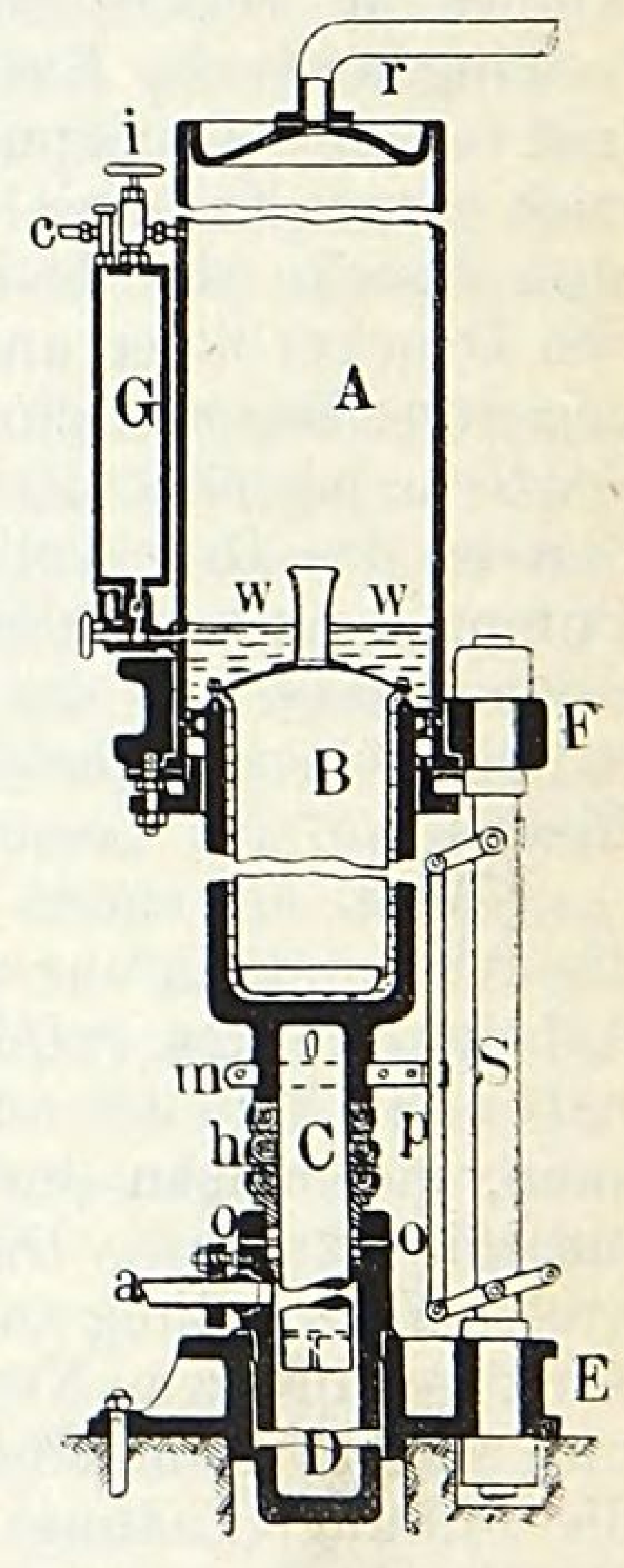


Fig. 249.

Der vorstehend beschriebene Akkumulator ist zur Hervorbringung von Wasserpressungen bis 500 Atmosphären eingerichtet und demgemäss mit Vorrichtungen ausgestattet, welche selbst bei diesen hohen Drücken die Sicherheit des Betriebes und vollständige Dichtigkeit gewährleisten. Um das Entweichen von Luft zu vermeiden, wird der untere Teil des Behälters A bis zur Höhe w w mit einer Flüssigkeit (Oel oder Glycerin) gefüllt, welche über der Stopfbüchse des Kolbens B steht und diese also ganz bedeckt, zugleich aber auch zur Dichthaltung des Kolbens B selbst in den Zwischenraum eindringt, welcher durch Einsetzen eines Blechcylinders in den hohlen Kolben an der inneren Fläche desselben gewonnen wird. Zur Beobachtung des Flüssigkeitsstandes dient das Schauglas bei n und zum

Nachfüllen der Behälter G, der sowohl unten bei n als oben bei i mit A in Verbindung gesetzt oder abgeschlossen werden kann. Zum Nachfüllen von Luft unter beliebigem Drucke ist eine Luftdruckpumpe erforderlich, deren Zuleitungsrohr bei c sichtbar ist. Um den Akkumulator beim höchsten Stande des Kolbens selbstthätig auszurücken, ist derselbe mit einem schellenartig um den Kolben C gelegten Arm m versehen, der mittels der Zugstange p die Akkumulatorpumpe oder Wasserzuleitung ausser Betrieb setzt. Im Falle diese Ausrückung versagen sollte, tritt das Wasser in dem Augenblicke aus den Bohrungen bei o o aus, wo der Kolben eine darunter angebrachte Liderung überschreitet. Beim Sinken der Kolben B und C, die mittels eines Keiles zusammengehalten werden, setzt sich der Kolben B zur Vermeidung heftiger Stösse auf hölzerne Bufferringe h.

Ueber die Abmessungen dieses Akkumulators sei bemerkt, dass bei der grössten zur Anwendung gelangten Ausführung der Kolben C einen Durchmesser von 22,5 *cm* und eine Länge von 4 *m*, der Kolben B einen Durchmesser von 72 *cm* und dieselbe Länge besitzt, so dass eine zehnfache Uebersetzung stattfindet. Ein Luftdruck von 50 Atmosphären entspricht daher einem Wasserdrucke von 500 Atmosphären. Die oben erwähnten Luftkessel zur Gleichhaltung des Luftdruckes erhalten je 70 *cm* Durchmesser und 4 *m* Länge. Da hiervon 6 Stück aufgestellt sind, so beträgt der ganze Luftraum ungefähr 11 *cbm*, ausreichend, die Differenz zwischen Anfang- und Endspannung bei vollem Kolbenhub auf 10 Prozent zu vermindern. — Indem die mit dem Zuführungsrohr c einmündende Luftdruckpumpe in dem Luftcylinder eine beliebige Anfangsspannung zu erzeugen gestattet, so kommt in manchen Anlagen die Uebersetzung durch die Kolben und somit der Kolben C ganz in Wegfall und dadurch noch eine wesentliche Vereinfachung zu stande.

Die Geschwindigkeit v in *m*, mit welcher sich das Wasser in den Leitungsröhren bewegt, ergiebt sich aus der Formel $v = \sqrt{2gH}$, wenn H die Druckhöhe und $g = 9{,}8088$ die Fallbeschleunigung in *m* bedeutet. Die Durchflussmenge Q bei einem Röhrenquerschnitt F ist demnach, von Nebenhindernissen abgesehen, nach der Gleichung $Q = vF$ zu finden; die Nebenhindernisse wechseln in ihrer Grösse mannigfaltig nach der Geschwindigkeit des Wassers, Beschaffenheit und Weite der Röhren etc. — Zur Verhinderung grosser Stösse giebt man in den weiten Hauptleitungsröhren dem Wasser etwa 1 bis 1,5 *m* Geschwindigkeit in der Sekunde.

Als Leitungsorgane kommen lediglich Röhren aus Gusseisen oder Schmiedeisen (genietet oder gezogen S. 81) in betracht. Vorzuziehen ist jedenfalls als Material Gusseisen, da dasselbe die grösste Dauerhaftigkeit besitzt und vermöge seiner geringen Oxydationsfähigkeit ohne Schutz in die Erde gelegt werden kann, während das Schmiedeisen vor dem Gebrauche nicht nur inwendig und auswendig sorgfältig zu teeren, sondern womöglich durch besondere Maassnahmen (Kanäle, Fundamentirungen etc.) vor schneller Zerstörung zu schützen ist. Namentlich bedarf es solcher Schutzmittel bei genieteten oder geschweissten Röhren aus Blech.

Bei den nach S. 80 gewählten Wandstärken gelten als zulässige Druckgrössen für Gusseisen-Röhren:

6	bis	10	Atm.	für	Röhren	von	60	bis	100 *cm*	Durchmesser
10	„	20	„	„	„	„	30	„	60 „	„
20	„	40	„	„	„	„	15	„	30 „	„
30	„	50	„	„	„	„	10	„	15 „	„
80	„	100	„	„	„	„	—	„	7,5 „	„

Bezüglich der Anlage der Leitungen ist Rücksicht auf klimatische Verhältnisse zu nehmen, insofern als die Röhren gegen das Einfrieren zu schützen, also in der Regel entsprechend tief in das Erdreich zu versenken, ausserdem durch Einschaltung von Ausgleichern (S. 84) gegen Bruch durch Ausdehnung oder Zusammenziehung infolge Temperaturwechsels zu sichern sind. Bietet sich Gelegenheit, die Röhren in gemauerten Kanälen hängend anzubringen, so sollte man hiervon doch nur Gebrauch machen, wenn die Kanäle begehbar sind, weil in anderen Fällen das Aufsuchen einer Bruchstelle oder Undichtheit oft schwierig wird, während die letztere sich schnell durch Auftreten von Wasser bemerkbar macht, wenn die Röhren ohne weiteres in die Erde gelegt werden. Ausserdem pflegen bei dieser Lagerung die Temperaturschwankungen so gering zu sein, dass die Ausgleicher vielfach entbehrlich sind, indem die Tiefe bis zur Oberkante der Röhren, wenigstens unter befahrenen Wegen und Strassen, 1,5 bis 2,0 *m* betragen muss, um die durch die Fuhrwerke hervorgerufenen Stösse von den Röhren fern zu halten.

Da jedes Wasser mehr oder weniger Luft, Schlamm, Sand u. dergl. Stoffe mit sich führt, welche sich zum Teil an den höheren, zum Teil an den niedrigen Stellen der Leitungen ausscheiden, so sind zur Verhinderung der Anhäufung derselben sog. Windstöcke oder Luftständer und Schlammkasten oder Ausgussröhren (Wechselhäuschen) anzubringen. Erstere bestehen aus Hähnen oder Ventilen, die am zweckmässigsten selbstthätig wirken und am einfachsten aus einem Schwimmer mit Kegelventil in einem Rohrstutzen hergestellt werden, so dass das Ventil sich öffnet, wenn in dem Stutzen sich soviel Luft sammelt, dass das Wasser unter einen bestimmten Stand sinkt und den Schwimmer hinabzieht. — Schlammkasten sind in die Leitung eingefügte, oft mit Sieben oder Querwänden ausgestattete Gefässe von solcher Grösse, dass das Wasser mit erheblich kleinerer Geschwindigkeit dieselben durchströmt und dadurch die schwereren Teile zum Absetzen bringt. Statt solcher Schlammkasten genügt in vielen Fällen die Anbringung eines abwärts gerichteten Rohrstutzens mit Ablasshahn oder einer mit einer Scheibe verschliessbaren Flansche (Blindflansche). Zugängig werden solche und andere ähnliche Teile der Leitung durch Schächte von etwa 60 *cm* Weite.

III. Dampftrieb.

Die Kraftübertragung und Kraftverteilung mittels gespannten Wasserdampfes findet die ausgedehnteste Verwendung in Fabriken, soweit es sich um Kurztrieb d. h. um die Zuführung dieser motorischen Kraft aus den Dampfkesseln zu den Dampfmaschinen handelt. Weniger geeignet und gebräuchlich ist dieselbe für den Ferntrieb, da der Wärme-, bzw. Spannungsverlust in langen Leitungen, trotz der besten Wärmeschutzumhüllung, zu

gross ausfällt. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass die Leitungsröhren zur Uebertragung grösserer Kräfte verhältnismässig grosse Durchmesser erhalten. Bemerkenswert ist allerdings bei diesem Triebe die Nebenbenutzung des Wasserdampfes zum Heizen, Kochen, Feuerlöschen u. dergl. und zwar sowohl durch Verwendung des frischen als des aus Dampfmaschinen etc. austretenden Dampfes.

Bei der Anlage des Dampftriebes pflegt man Längen von 1 bis 1,5 *km* gewöhnlich nicht zu überschreiten, obwohl Leitungslängen von 4 *km* in New-York zur Ausführung gelangt sind. Desgleichen soll in Anbetracht der mit hohen Spannungen verbundenen Gefahren der Dampfdruck durchschnittlich in der Höhe von 5 bis 6 Atmosphären gehalten werden. Unter diesen Voraussetzungen bekommen die schmiedeisernen Röhren der Haupt- und Nebenleitungen ihre Abmessungen.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Isolirung der Dampfröhren (S. 92) sowie die Anbringung von Dampfwasserableitern (S. 146) und Ausgleichern (S. 85). Ein vorzügliches Isolirmittel ist in röhrenförmig ausgehöhlten Baumstämmen gefunden, welche deshalb in New-York in der Weise angewendet sind, dass man zwischen den Röhren und den in der Länge zerschnittenen Stämmen einen mit Schlackenwolle gefüllten Zwischenraum von 50 bis 65 *mm* Weite übrig liess, in welchen die Röhren auf gusseisernen in Abständen von 3 *m* angebrachten Ringen gelagert sind. Röhren von mehr als 28 *cm* Durchmesser liegen in gemauerten, wasserdichten, mit Schlackenwolle gefüllten und mit Bohlen abgedeckten Kanälen. — Zur Abzweigung erhalten die Leitungsröhren Stutzen mit Abschlusshähnen, die unter eisernen Platten im Strassenkörper zugänglich sind. — Die Dampfwasserableiter sind in der Art angebracht, dass das sämtliche kondensirte Wasser durch isolirte Röhren, welche neben den Dampfröhren herlaufen, zur Dampfkesselspeisung zurückgeliefert wird, um die in diesem Wasser noch vorhandene Wärme nicht unbenutzt zu lassen.

Um den Dampfdruck in den Gebrauchsleitungen genau auf gleicher Höhe zu halten, ist die Einschaltung von Reduzirventilen (S. 164) ratsam.

IV. Lufttrieb.

Wird atmosphärische Luft in ein Gefäss eingeschlossen und in diesem Gefässe durch Vergrösserung oder Verkleinerung des Raumes verdünnt oder verdichtet, so entsteht zwischen dem Drucke der äusseren Atmosphäre und der eingeschlossenen Luft ein Druckunterschied, der durch eine Röhrenleitung beliebig fortgepflanzt, als motorische Kraft zur Benutzung gebracht werden kann. Demgemäss gestattet die atmosphärische Luft vermöge ihrer Eigenschaft sich verdünnen oder verdichten zu lassen einen Ferntrieb (Pneumatische Transmission) auf zweierlei Weise:

1. durch Luftverdünnung,
2. durch Luftverdichtung.

Da die Verdünnung der Luft mit Hilfe von Vorrichtungen erfolgt, welche die Luft aus den Leitungen aussaugen, während die Luftverdichtung mittels Vorrichtungen stattfindet, welche die Luft zusammendrücken, so bezeichnet man die zwei verschiedenen Arten, die Luft als Kraftträger zu benutzen, in sehr passender Weise als Saugklufttrieb und Drucklufttrieb.

A. Sauglufttrieb.

Bei dem Sauglufttrieb kann der Druckunterschied zwischen dem äusseren Atmosphärendrucke und dem Drucke in der Leitung naturgemäss niemals die Grösse einer Atmosphäre (S. 152) erreichen. Derselbe beträgt in der Regel 0,5 und nur unter den günstigsten Umständen 0,75 Atmosphären und setzt demnach zur Hervorbringung erheblicher Druckkräfte Druckflächen von solcher Grösse voraus, dass aus diesem Grunde diese Art der Druckerzeugung stets auf einzelne Anwendungen mit geringem Kraftbedürfnis beschränkt bleiben muss. Zu diesen Anwendungen gehört der Antrieb kleiner Werkmaschinen (Nähmaschinen, kleine Werkzeugmaschinen etc.) bis zu einem Arbeitsaufwand von höchstens 1,5 PS, namentlich die Inganghaltung öffentlicher Uhren u. dergl.

B. Drucklufttrieb.

Bei dem Drucklufttrieb dahingegen ist man im stande durch Zusammendrücken der Luft in dicht verschlossenen Behältern sehr bedeutende Pressungen hervorzubringen und damit eine Druckkraft zu beschaffen, welche in sehr einfacher und vorteilhafter Weise mittels Rohrleitungen auf sehr grosse Entfernungen fortgeleitet und in beliebiger Verteilung zur Verwendung gebracht werden kann. — Der leichten Beschaffung und der ebenso einfachen Verteilung bis hinunter zum Betriebe der kleinsten Werkmaschinen, verdankt die Luft als Kraftträger allerdings in erster Linie ihre nunmehr schnell um sich greifende Einführung. Daneben begünstigen jedoch mehrere Eigenschaften der Luft, sowie eigenartige Vorgänge beim Betriebe die Verbreitung der Luftdruckanlagen nicht unwesentlich.

Es sei nur daran erinnert, dass die atmosphärische Luft nach Abgabe ihrer Triebkraft, als sog. Abluft in die Arbeitsräume eintritt, somit in letzteren eine stetige Lufterneuerung ohne besondere Einrichtungen hervorruft und dadurch Ventilationseinrichtungen überflüssig machen kann. — Bei Feuerungsanlagen mit hohen Temperaturen (Schmelzöfen zum Schmelzen schwer schmelzbarer Metalle in kleineren Mengen, Gold, Silber, Bronze etc., Muffelöfen, Emailliröfen u. dergl.), sowie bei Schmiedefeuern u. s. w. werden durch direkte Zuleitung von Druckluft Gebläse entbehrlich. — In Flüssigkeiten lässt sich durch Eintreten von Druckluft eine Bewegung zum Zwecke des Vermischens, der Beschleunigung des Abdampfens, der Sauerstoffeinwirkung u. dergl. hervorbringen. — Eine weitere unmittelbare Verwendung findet die Druckluft zum Heben von Flüssigkeiten (Laugen, Säuren, Lösungen etc.), statt Pumpen, zum Betriebe von Aufzügen, in den Sandstrahlgebläsen, zur Zugvermehrung in den Schornsteinen u. s. w. — Beim Austritt aus den Leitungen vor oder nach Abgabe von motorischer Kraft dehnt sich die Druckluft mit grosser Geschwindigkeit unter solcher erheblicher Abkühlung aus, dass sie als Kaltluft ohne weiteres zur Kälteerzeugung im grossen und im kleinen dient.

Wird ein Gas oder ein Gasgemenge, also auch atmosphärische Luft, in einem geschlossenen Behälter zusammengedrückt, so tritt eine Erwärmung desselben ein, indem die zum Zusammendrücken aufgewandte Arbeit sich in Wärme umsetzt, und zwar steht diese Temperaturerhöhung in einem bestimmten Verhältnisse zu der durch die Zusammendrückung erfolgten

Volumverminderung, also in einem geraden Verhältnisse zu der Druckzunahme. Unter der Voraussetzung, dass keine Abkühlung des Gefässes stattfindet, und dass die Temperatur der Luft beim Beginn der Zusammendrückung 10° C beträgt, berechnet sich die Temperatur

für	1	Atmosphäre	Ueberdruck	zu	73° C.
„	2	„	„	„	118 „
„	3	„	„	„	150 „
„	4	„	„	„	178 „
„	5	„	„	„	203 „
„	6	„	„	„	224 „
„	7	„	„	„	244 „
„	8	„	„	„	262 „
„	9	„	„	„	278 „
„	10	„	„	„	294 „

Wäre der zum Zusammendrücken dienende Behälter aus einem solchen Material hergestellt oder mit solchen Einrichtungen versehen, dass die genannte Kompressionswärme sofort bei der Entstehung verschwände, und infolge dessen die Lufttemperatur während des ganzen Vorganges unverändert bliebe, so bestände der Erfolg des letzteren darin, dass sich die Luftpressung nach dem Mariotte'schen Gesetze d. h. umgekehrt proportional dem Volumen steigert, also z. B. auf das doppelte wächst, wenn das Volumen auf die Hälfte zusammengepresst wird.

Erwärmt man dahingegen Luft in einem Gefässe ohne eine Volumänderung, so tritt infolge der Wärmeaufnahme eine Spannungsvermehrung ein, welche der Temperaturvermehrung proportional ist. Unter der Voraussetzung, dass die Luft trocken ist und eine Anfangstemperatur von + 15° bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke besitzt, erfolgt diese Spannungszunahme nach folgender Tabelle, in welcher die Temperaturzunahme von 10 zu 10° C und die Spannungszunahme in Atmosphären angegeben sind.

Temperatur	Atmosphärendruck	Temperatur	Atmosphärendruck
15° C	1,0000	125	1,3819
25	1,0347	135	1,4166
35	1,0695	145	1,4514
45	1,1041	155	1,4861
55	1,1389	165	1,5208
65	1,1736	175	1,5555
75	1,2084	185	1,5903
85	1,2430	195	1,6250
95	1,2777	205	1,6597
105	1,3125	288	2,0000
115	1,3472		

Erwärmt man endlich die Luft in einem Gefässe mit ungehinderter Ausdehnung, so dass keine Druckänderung stattfindet, so ändert sich das Luftvolumen proportional den Temperaturänderungen.

Nach diesen Eigenschaften der Luft ist eine Zusammendrückung zu bewerkstelligen:

1. bei konstanter Temperatur, wenn die Kompressionswärme vollständig abgeführt wird,

2. bei zunehmender Temperatur ohne Abfuhr der Wärme,
3. bei zunehmender Temperatur und teilweiser Abfuhr der Wärme.

Erfolgt die Zusammendrückung der Luft ohne Abfuhr der Kompressionswärme, so muss die letztere eine weitere Spannungsvermehrung der Luft zur Folge haben und demgemäss auch durch die fortgeleitete Luft sich diejenige Arbeit wieder vollständig nutzbar machen lassen können, welche auf die Erzeugung der Kompressionswärme verwendet wird. Dieser Möglichkeit steht jedoch zunächst die bedeutende bis auf die umgebende Temperatur absteigende Abkühlung entgegen, welche in langer Röhrenleitung eintritt und demzufolge eine entsprechende Druckverminderung nach sich zieht, die sich durch eine praktisch durchführbare Umhüllung der Leitungsröhren etc. um so weniger vermeiden lässt, je höher die Kompressionstemperaturen steigen (S. 207). Die Nutzbarmachung der Kompressionswärme findet ein weiteres Hindernis in den Wirkungen derselben auf die Verdichtungsmaschinen, Luftbehälter, Verteilungsorgane u. s. w., indem die Temperaturen bereits bei Pressungen von 4 Atmosphären aufwärts eine solche Höhe erreichen, dass sie in der schädlichsten Weise auf den Gang dieser Maschinen, auf die Dichtungen u. dergl. einwirken, indem sie die Schmierung unmöglich machen u. s. w. — Namentlich dieser Wirkungen wegen wird daher derjenigen Verdichtungsmethode der Vorzug gegeben, bei welcher die Kompression unter solcher Abfuhr der Kompressionswärme vor sich geht, dass die letztere keinen schädlichen Einfluss mehr auszuüben vermag. Zu dem Zwecke erfolgt die Verdichtung der Luft unter gleichzeitiger Kühlung derselben.

Der beim Zusammenpressen der Luft stattfindende in Wärmeerzeugung bestehende Vorgang vollzieht sich in genau umgekehrter Weise bei der Wiederausdehnung derselben, wenn hierbei mechanische Arbeit verrichtet wird, indem bei der Verwendung der Druckluft unter Expansion und Verrichtung von mechanischer Arbeit eine Temperaturverminderung eintritt, welche um so grösser ausfällt, je stärker die Zusammenpressung also demgemäss die Arbeitsfähigkeit der Luft ist. Die Grösse dieser Abkühlung geht aus folgender Tabelle hervor, die unter der Annahme trockener Luft, einer Expansion auf den Atmosphärendruck und einer Temperatur von 10° C bei Beginn der Expansion berechnet ist.

Ueberdruck	Abkühlung	Ueberdruck	Abkühlung
1 Atmosphäre	— 41° C	7 Atmosphären	— 117° C
2 „	— 67 „	8 „	— 123 „
3 „	— 86 „	9 „	— 128 „
4 „	— 95 „	10 „	— 131 „
5 „	— 104 „	11 „	— 135 „
6 „	— 112 „	12 „	— 138 „

Diese Tabelle lässt erkennen, dass selbst bei geringen Pressungen Abkühlungen entstehen, welche sofort das von der Luft mitgeführte oder in der umgebenden Luft stets vorhandene Wasser zum Gefrieren und damit die zur Verwendung der Druckluft dienende Kraftmaschine zum Einfrieren also zum Stillstand bringt. — Behufs Verhinderung dieser Störungen ist naturgemäss auch der umgekehrte Weg einzuschlagen, der einfach darin besteht, die Druckluft vor ihrer Expansion soweit vorzuwärmen, dass sie sich bei ihrer Ausdehnung niemals bis auf 0° abkühlt.

Vermöge der Zuführung von Wärme vermehrt sich bei gleichem Volumen zugleich die Spannung der Druckluft in dem aus Tabelle S. 207 ersichtlichen Maasse. Mit Hilfe einer Erwärmung, bevor die Druckluft in den Luftmotor eintritt, ist daher die Möglichkeit gegeben, die Luft mit einem grösseren Arbeitsvermögen auszustatten und in demselben Verhältnisse die verbrauchte Luftmenge zu vermindern. Da eine solche Vorwärmung mit sehr einfachen Mitteln zu erzielen ist und den Luftmotor bedeutend leistungsfähiger macht, so liegt es nahe, dieselbe stets zur Anwendung zu bringen, indem man die aus obigen Gründen notwendigen Vorwärmeeinrichtungen derart anordnet, dass eine bedeutend grössere Wärmezufuhr stattfinden kann, als zur Vermeidung des Einfrierens erforderlich ist.

Bei dieser Vorwärmung ist allerdings nicht zu übersehen, dass, wie die Tabelle S. 207 lehrt, für verhältnismässig geringe Drucksteigerungen bedeutende Temperaturen notwendig werden und sogar schnell eine Höhe erreichen, bei welcher sie dem Material der Luftmotoren und dem Betriebe selbst einen erheblichen Nachteil bringen. Andererseits hat die Erfahrung einen ausserordentlich günstigen Erfolg durch eine solche Vorwärmung infolge einer besonders vorteilhaften Ausnutzung des Brennmaterials ergeben und somit veranlasst, der Luft in den Vorwärmern soviel Wärme als möglich zuzuführen. — Um nun einerseits eine grosse Wärmezufuhr zu erzielen und andererseits hohe Temperaturen zu vermeiden, hat man die Einspritzung von Wasser in die Vorwärmer angeordnet. Indem das Wasser während seiner Verdampfung eine bedeutende Wärmemenge aufnimmt, ohne bei gleichbleibendem Drucke seine Temperatur zu ändern, dann aber durch den hohen Wärmegehalt der Luft sich sofort in überhitzten Dampf verwandelt, bringt eine Wassereinspritzung bei geringerer Temperatur eine erhöhte Spannung, also eine vergrösserte Arbeitsfähigkeit in der Druckluft hervor. Demnach ist die Einspritzwassermenge auch derart abzumessen, und das Wasser selbst in einer Form (fein verteilter Staub) einzuspritzen, dass eine sofortige Ueberhitzung desselben erfolgt.

Der Lufttrieb mittels Druckluft oder Pressluft setzt sich nach obiger Darstellung der Hauptsache nach aus 3 Teilen zusammen, aus:

1. der Drucklufterzeugung,
2. der Druckluftleitung und
3. dem Druckluftmotor.

Die ganze Anlage gliedert sich dementsprechend nach dem durch Fig. 250 dargestellten Schema. In demselben bezeichnet A die Kraft-

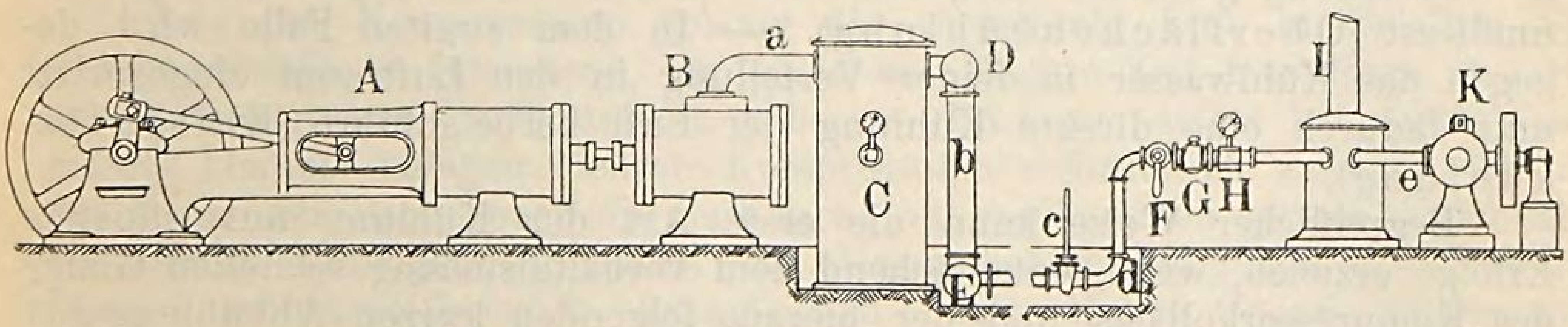


Fig. 250.

maschine (hier eine Dampfmaschine), B die Luftpressmaschine, C den Luftsammler, D das Sammelrohr, E die Hauptleitung, d die Anschlussleitung, I den Vorwärmer und K den Druckluftmotor.

1. Drucklufterzeugung.

Für die Zwecke der Kraftübertragung wird durchschnittlich eine Pressung der Druckluft von 6 Atmosphären in der Hauptleitung vorgesehen, zu deren Erzeugung Verdichter (Kompressoren, Luftpresser) dienen, welche den Cylindergebläsen (s. d.) gleichen (Kolbenkompressoren) und ihrerseits von beliebigen Kraftmaschinen (Turbinen, Wasserrädern, Dampfmaschinen) den Antrieb erhalten.

Der in den Verdichtern sich vollziehende Prozess zerfällt in drei Perioden: das Ansaugen, das Zusammendrücken und das Fortschieben der gepressten Luft.

Bei der Entnahme der Luft aus der Atmosphäre ist dem Umstande Rechnung zu tragen, dass die Druckluft gewöhnlich nach Abgabe ihrer Arbeitsfähigkeit in die Arbeitsräume austritt und hier noch zur Lüftung gebraucht werden soll. Aus dem Grunde ist für die Entnahme eine Stelle zu wählen, an welcher die Luft voraussichtlich am reinsten ist und bleibt. In der Regel befindet sich diese Stelle über den Dächern der Gebäude, und wird daher auch sehr oft die Luft durch Rohrleitungen hier entnommen. In sehr vielen Fällen ist die Entnahmestelle jedoch besonders ausfindig zu machen.

Während der Periode der Verdichtung findet die oben erläuterte Erwärmung statt, die auf ein bestimmtes Maass beschränkt bleiben muss und demnach Vorrichtungen fordert, welche für genügende Wärmeabfuhr sorgen. Um die letztere zu erleichtern, ist es ratsam und daher allgemein gebräuchlich, die Verdichtung in zwei Stufen d. h. in zwei aufeinander folgenden Kompressoren vorzunehmen und zwar derart, dass in dem ersten Kompressor (Niederdruckkompressor) eine Verdichtung auf etwa 2 Atmosphären erfolgt, während zur weiteren Drucksteigerung ein zweiter Kompressor (Hochdruckkompressor) dient, dem die Luft aus dem ersten durch einen Zwischenbehälter zugeht. Infolge dieser Kompression in Stufen entsteht nach der Tabelle S. 207 in dem Niederdruckkompressor eine Temperatur von 118° C, im Hochdruckkompressor von 224° C, zu deren Erniedrigung allgemein eine Wasserkühlung verwendet wird.

Die hierzu vorhandenen Einrichtungen bewirken entweder eine beständige Abkühlung des Kompressors oder eine Abkühlung der Luft während der Druckperiode.

Zu dem ersten Zwecke erhält der Kompressorcylinder einen Mantel und somit einen herumlaufenden Raum, der mit einer Wasserleitung derart in Verbindung gebracht wird, dass unaufhörlich kaltes Wasser den Cylinder umfliesst (Oberflächenkühlung). — In dem zweiten Falle wird dagegen das Kühlwasser in feiner Verteilung in den Luftraum eingespritzt und dadurch eine direkte Kühlung der Luft herbeigeführt (Einspritzkühlung).

Begreiflicher Weise kann die erste Art der Kühlung nur günstige Erfolge erzielen, wenn, entsprechend dem verhältnismässig schnellen Gange des Kompressorkolbens und der hieraus folgenden kurzen Abkühlungszeit eine grosse Abkühlungsfläche geschaffen wird. Um diese zu erhalten, ist man, nachdem sich die Verwendung hohler Kolben und hohler Kolbenstangen mit Wasserzirkulation als sehr unzweckmässig erwiesen hat, zur Anwendung von Rippenkörpern übergegangen, indem man die am Cylinder sitzende Wand des Hohlraumes mit zahlreichen Rippen versieht. Damit

das Wasser den Cylinder sicher umkreist, sollten die Rippen nach Schraubenlinien verlaufen. Die mit Oberflächenkühlung ausgestatteten Kompressoren werden trockene Kompressoren genannt.

Die innigste Berührung der heissen Luft mit dem Kühlwasser tritt dann ein, wenn das letztere staubförmig verteilt in die heisse Luft, also in den Luftraum eingespritzt wird. In dieser Anwendung und Form vermag daher auch das Wasser die Kompressionswärme am schnellsten aufzunehmen, indem es sich in Dampf verwandelt, der mit der Luft abgeführt und durch später erfolgende Abkühlung wieder verdichtet wird. Diese mit Einspritzvorrichtung versehenen Kompressoren heissen nasse Kompressoren. Zum Einspritzen des Wassers dienen entweder einfache Brausen, Strahlapparate oder Zerstäubungsdüsen in Verbindung mit Druckpumpen, Wasserleitungen oder Wasserbehältern, in welchen ein genügender Druck durch die Höhenlage oder andere Druckmittel (Druckluft etc.) erhalten wird.

In einzelnen Fällen werden nasse Kompressoren auch noch mit Oberflächenkühlung versehen und dann halbnasse genannt.

Eine Vergleichung zwischen den beiden Abkühlungsmethoden lässt erkennen, dass die Einspritzung eine Sättigung der Luft mit Wasser zur Folge hat, welches wieder entfernt werden muss, wenn die Luft trocken zur Verwendung kommen soll. Ausserdem hinterlässt das Wasser bei seiner Verdampfung in den Kompressoren die von demselben gelösten und mitgerissenen Substanzen, die einen störenden Schlamm bilden, dessen Entstehung nur bei Verwendung von reinem oder gereinigtem Wasser umgangen werden kann. Ferner verdrängt das in die Kompressoren eingespritzte Wasser ein gleiches Volumen Luft und vermindert dadurch die Leistungsfähigkeit derselben. Selbstredend bedarf das Einspritzwasser endlich einer sorgfältigen Regelung, damit stets weder zu wenig noch zu viel in die Kompressoren gelangt. — Diese mit der Einspritzmethode verbundenen Unzuträglichkeiten sind der Grund, dass in vielen Fällen die Oberflächenkühlung vorgezogen wird.

Bei der Anwendung zweier durch einen Zwischenbehälter verbundenen Kompressoren (Kompound- oder Verbund-Kompressoren) wird auch der Zwischenbehälter noch mit Vorteil zur Abkühlung, insbesondere zur Abscheidung des im Niederdruckkompressor durch Kondensation entstandenen Wassers mittels Wasserabscheider (S. 144) benutzt und dadurch eine Abkühlung und Entwässerung der Luft auf den ursprünglichen Stand erreicht, mit welchem dieselbe nunmehr in den Hochdruckkompressor eingesogen wird.

Aus den Kompressoren gelangt die verdichtete Luft in Behälter C, welche dieselbe aufspeichern, um einen auf längere Zeit benötigten Bedarf an Luftmenge zur Verfügung zu haben. — Da ferner selbst bei verhältnismässig kleinen Anlagen mehrere Kompressoren erforderlich werden, welche der Natur der Sache nach die Luft nicht mit vollkommen gleichem Drucke abzuliefern vermögen, so haben die Vorratsbehälter zugleich den Zweck, diese Spannungsdifferenzen auszugleichen. Aus diesem Grunde stehen sie unter sich mittels Röhren, jedoch derart in Verbindung, dass jeder Behälter für sich ausgeschaltet werden kann. — Ausserdem sind diese Behälter noch dazu bestimmt, eine weitere Abkühlung und damit zugleich Ausscheidung von Wasser zu bewirken, das durch passend angebrachte Wasserableiter entfernt wird.

14*

Um diesen Aufgaben zu entsprechen, ist der Rauminhalt dieser Sammler oder Windkessel reichlich zu bemessen. Man giebt jedem Behälter etwa 1,8 bis 2,5 *m* Durchmesser und 13 *m* Länge, so dass dessen Inhalt ungefähr 33 bis 64 *cbm* beträgt. -- Die Vorrathsbehälter werden wie Dampfkessel aus Eisenblech hergestellt, je nach den Örtlichkeiten liegend oder stehend angeordnet, an der oberen Fläche mit Rohrstutzen für die Zu- und Ableitung der Luft, ferner mit Manometer für die Druckangaben, Thermometer, sowie Wasserablasshahn oder zweckmässiger mit automatischem Wasserableiter ausgestattet.

Neben der infolge der grossen Querschnittsdifferenz zwischen dem Zuleitungsrohr und dem Windkessel erfolgenden Geschwindigkeitsverminderung wird die Wasserabscheidung ausserdem noch erheblich gefördert durch Anbringung von Querwänden nach Art der Wasserabscheider S. 144, welche eine mechanische Abscheidung durch die Änderung der Bewegungsrichtung der Luft hervorrufen. — In einzelnen Fällen werden zum Zwecke des Lufttrocknens besondere Lufttrockner angefügt, welche die Luft vor Eintritt in die Luftsammler passirt. Ihre gewöhnliche Einrichtung geht aus Fig. 251 hervor. Sie besteht aus zwei in einander geschobenen Blechcylindern A und B von 80 und 60 *cm* Durchmesser und etwa 3 *m* Länge. Der innere Cylinder B steht durch das Rohr a mit dem Kompressor in Verbindung und trägt im Innern eine grössere Anzahl Teller und Trichter, so dass die Luft einen grossen Zickzackweg nach abwärts zurückzulegen hat und dabei das mitgenommene Wasser abscheidet, das sich im unteren Raume von A ansammelt, während die getrocknete Luft in dem Cylinder A aufsteigt und durch das Rohr b zu dem Behälter gelangt. Durch einen auf dem gesammelten Wasser treibenden Schwimmer s wird bei einer bestimmten Wasserhöhe ein Hahn geöffnet und darauf das Wasser durch das Rohr c fortgedrückt. Bei v ist ein Sicherheitsventil angebracht. — Wegen der hohen Temperatur, welche die Luft beim Austritte aus den Verdichtern besitzt, sind übrigens solche besondere Lufttrockner nur von geringer Bedeutung und werden bei den Anlagen der Neuzeit allgemein weggelassen.

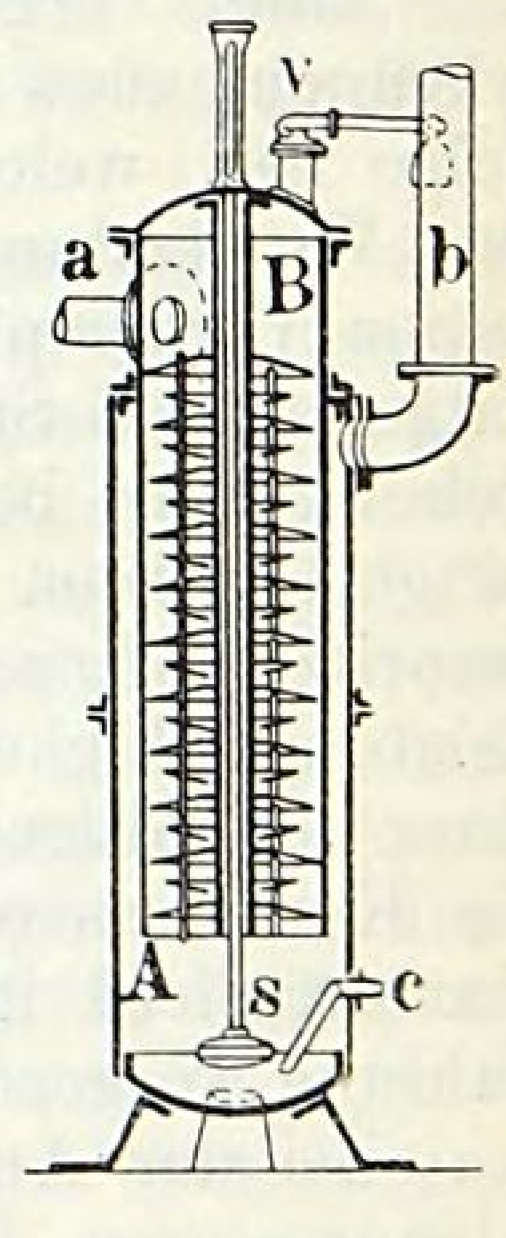


Fig. 251.

2. Druckluftleitung.

Zur **Fortleitung** der Luft zu den Gebrauchsstellen tritt dieselbe aus den Behältern C zunächst in ein gemeinschaftliches Sammelrohr D, welches neben den Windkesseln liegt, die durch Stutzen oder Röhren sämmtlich in D einmünden. Die bei E beginnende **Hauptdruckleitung** wird am zweckmässigsten in die Erde verlegt, weshalb ein oder mehrere Steigröhren b dies Sammelrohr D mit E verbinden.

Der Durchmesser der Leitungsröhren E ist so zu bemessen, dass die Luftgeschwindigkeit in denselben womöglich 10 bis 12 *m* in der Sek. nicht überschreitet. Bei einem minutlichen Durchfluss von 30 *cbm* z. B. erhalten die Röhren einen Durchmesser von 30 *cm*. — Die Röhren selbst werden aus Gusseisen hergestellt, die nur so tief verlegt zu werden brauchen, dass

Beschädigungen von aussen durch Fahrzeuge u. dergl. ausgeschlossen sind. Ihre Verbindung erfolgt mittels Rohrmuffen, die eine dem Temperaturwechsel entsprechende Beweglichkeit gestatten, in bewährter Weise nach der in Fig. 252 dargestellten Anordnung. Über die glatten Röhrenenden A und B wird die Muffe m geschoben, neben deren Endflächen Kautschukringe liegen, die durch Ringe r r und Schrauben gegen die Muffe m gepresst und festgehalten werden. Diese Verbindung gestattet zugleich mit grosser Leichtigkeit sowohl die Auswechslung als Einschaltung von Anschlussröhren. Um das Einfrieren der Röhren zu verhüten, werden in Entfernungen von etwa 100 *m* noch selbstthätige Entwässerungsvorrichtungen eingeschaltet, welche das aus den Windkesseln trotz der hier angebrachten Wasserabscheider mitgenommene Wasser beseitigen. Diese Entwässerungsvorrichtungen sind gewöhnlich nach der S. 144 Fig. 200 I vor Augen geführten Anordnung getroffen, übrigens mit einem selbstthätigen Abschlussventil versehen. — Gegen das plötzliche Entweichen einer grösseren Luftmenge bei Rohrbrüchen dienen selbstthätige Sicherheitsvorrichtungen, welche an verschiedenen Stellen der Hauptleitung angebracht werden und sofort in Thätigkeit treten, falls an irgend einer Stelle ein Bruch stattfindet. Eine neue Konstruktion dieser Art (Proell) zeigt Fig. 253. In die Rohrleitung RR wird in Abständen von 300 *m* ein Behälter A eingebaut, in dem eine Kugel K derart aufgehängt ist, dass sie sich infolge einer pendelnden Bewegung gegen einen der Rohrstränge legt, und diesen durch Anpressen gegen einen Gummiring abschliesst, was um so schneller erfolgt, je grösser der Druckunterschied ist, von dem die Bewegung der Kugel ausgeht. Um jedoch andererseits zu verhindern, dass die Kugel den unvermeidlichen Druckschwankungen während des Betriebes folgt, sind an dem Kreuzgelenk a a, das die Kugel K trägt, zwei Spannfedern angebracht, welche von aussen geregelt werden können. Zwei durch den Deckel des Gefässes A gehende Schrauben s s dienen zum Abstossen der Kugel, im Falle sie sich aus irgend einem Grunde fest gegen den Kautschukring gelegt haben sollte. — Dass sich die Bewegung des Kreuzgelenkes a a leicht zur Hervorbringung eines elektrischen Kontaktes und somit zur Signalgebung benutzen lässt, bedarf nur der Andeutung. — Desgleichen liegt es nahe, den Kasten A zugleich als Wasserableiter einzurichten, z. B. durch Anbringung eines Schwimmers r mit Verschluss nach Fig. 207 S. 149.

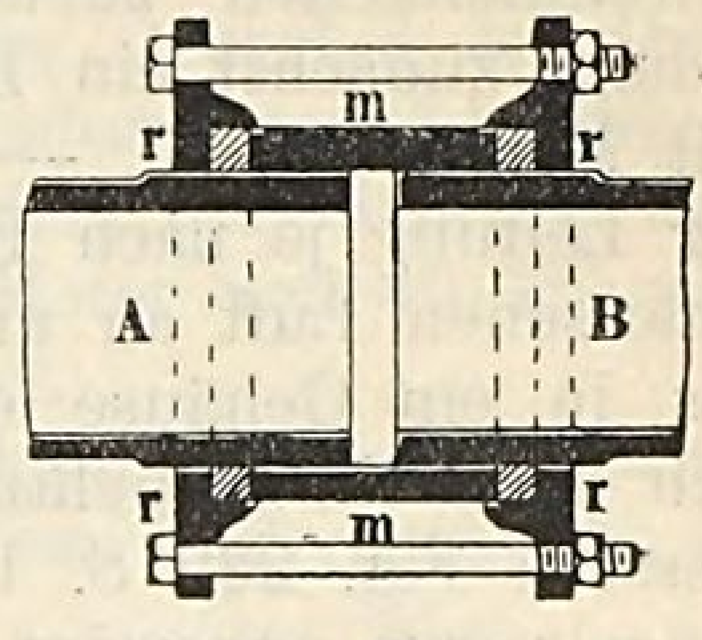


Fig. 252.

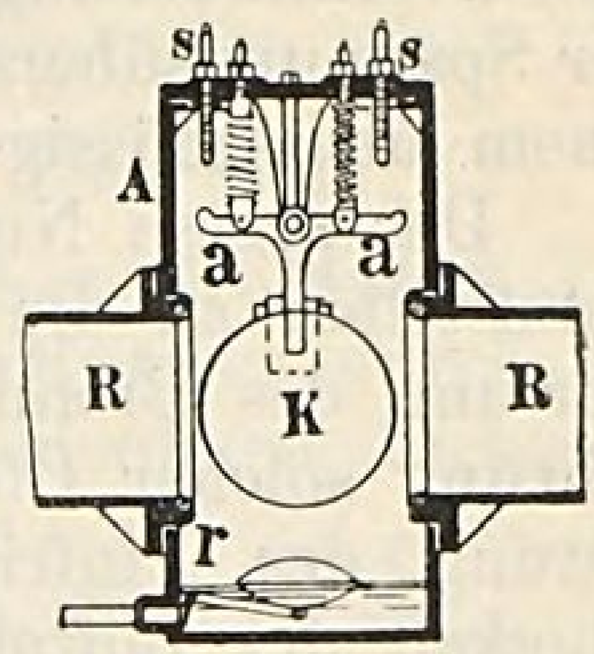


Fig. 253.

Von der Hauptleitung E zweigen sich die Nebenleitungen C (Hausleitungen) entweder unmittelbar oder in der Weise ab, dass mit der Hauptleitung E Röhren verbunden werden, welche eine grössere Anzahl Hausleitungen z. B. bei städtischen Zentralen in Nebenstrassen aufnehmen. Hauptleitung und Hauptnebenleitungen bilden ein abgeschlossenes Rohrnetz, welches so angelegt werden kann, dass ein Kreistrieb entsteht, indem sowohl Anfangs- als Endpunkt des Netzes sich an die Windkessel anschliesst. Dieser Kreistrieb hat den besonderen Vorteil, dass bei Rohrbrüchen, Ausbesserungen etc. die Speisung der Gesamtleitung ununterbrochen bleibt.

Die Hausleitung erhält an leicht zugänglicher Stelle z. B. bei c ein Abschlussorgan, das aus einem Schieber, Hahn oder Ventil bestehen kann. Es ist zweckmässig hinter diesem Organ ein Luftfilter anzuordnen, um Unreinlichkeiten zurückzuhalten. An der Verbrauchstelle befindet sich sodann zunächst ein Hahn F, ein Luftmesser G und ein Druckreduzirventil mit Manometer H. — Der Hahn F dient zum Öffnen und Verschliessen der Leitung je nach Bedarf. — Der Luftmesser giebt die Menge der durchgeflossenen Luft an und besteht aus einem Flügelrad mit Aluminiumflügeln, das in ein Gehäuse eingeschlossen ist und bei Durchströmung von Luft sich nach einer Richtung dreht, so dass, wie bei den trockenen Wassermessern Fig. 229 S. 175, die Durchflussmenge von der Umdrehzahl des Flügelrades angezeigt wird. — Das Druckreduzirventil H ist ein nach Fig. 223 S. 164 konstruirtes Doppelsitzventil mit Hebelbelastung und hat den Zweck, den durchschnittlich 6 Atmosphären betragenden Druck in der Leitung auf 4,5 bis 4,0 Atmosphären zu vermindern, weil zum Betriebe der Luftmotoren die Druckluft in der Regel nur mit dieser geringeren Spannung zugeführt wird, deren Grösse stets ein mit diesem Ventil verbundenes Manometer anzeigt. Die Voraussetzung, dass die Druckluftmotoren mit nur 4 bis 4,5 Atmosphären Spannung betrieben werden, gewährt den Vorteil, dass jede Maschine einer zeitweiligen Steigerung ihrer Leistung fähig ist, indem unter Umständen ein bis 6 Atmosphären erhöhter Druck zur Anwendung kommen kann. Ausserdem gewährt diese allgemeine Druckverminderung noch in sofern Sicherheit gegen Betriebsstörungen, als der Spannungsüberschuss in den langen Leitungen, bei Rohrbrüchen u. dergl. einem überschüssigen Luftvorrat gleich zu erachten ist.

Der grosse Nutzen, der darin liegt, dass in Vorwärmöfen die Wärme unmittelbar an die Luft übertragen und dadurch eine sehr ausgiebige Verwertung des Brennmaterials erreicht werden kann, hat die allgemeine Einführung solcher Öfen nicht nur zum Zwecke der Vorwärmung behufs Verhütung des Einfrierens, sondern namentlich zur Erhöhung der Arbeitsfähigkeit der Luftmotoren zur Folge gehabt. Aus diesem Grunde gelangt die Druckluft, bevor sie den Luftmotor erreicht, in den Vorwärmeapparat J, dessen Aufgabe entweder darin besteht, die Druckluft nur vorzuwärmen oder dieselbe zugleich mit hochgespannten Wasserdämpfen zu mischen.

Im ersten Falle genügt ein einfacher Ofen, in welchem die Luft an heissen Wänden entlang strömt; im zweiten Falle ist mit diesem Ofen noch ein Apparat zu verbinden, der in genau abgemessenen Mengen der erhitzten Luft Wasser zuführt.

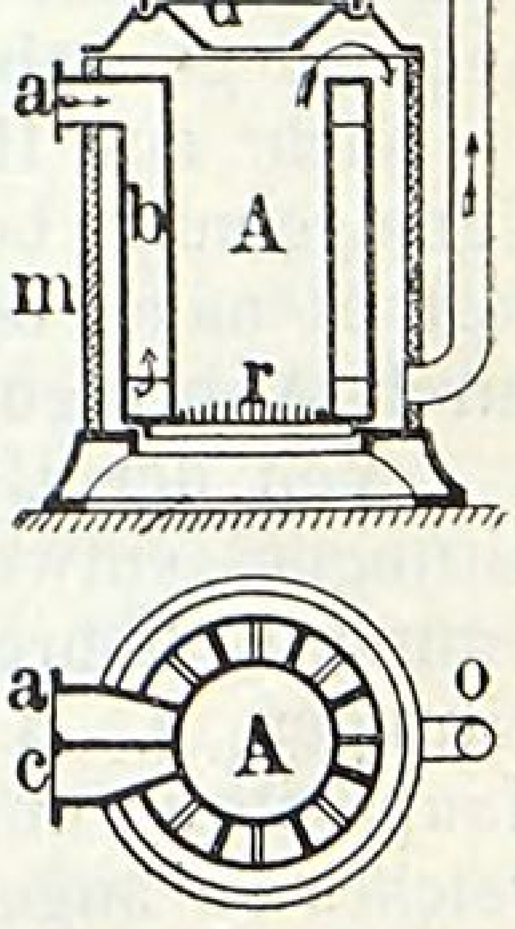


Fig. 254.

Ein vielfach benutzter Vorwärmer (Popp) ist in Fig. 254 gezeichnet. Derselbe besteht aus einem gusseisernen Doppelcylinder A, zwischen dessen Wänden radiale Rippen 16 Fächer bilden, welche von der bei a eintretenden Druckluft durchzogen werden. Zu dem Zwecke sind diese Rippen abwechselnd oben und unten durchbrochen, so dass die Luft in einer Schlangenlinie auf- und absteigt. In dem Boden des Cylinders befindet sich ein Kreisrost r zur Aufnahme des oben durch einen Trichter eingefüllten Brennmaterials. Die Verbrennungsluft tritt unter dem Rost ein, während die aufsteigenden heissen Verbrennungsprodukte, durch den Einfülltrichter s

abgelenkt, gezwungen werden, an der Aussenseite des Cylinders A innerhalb des Mantels m abwärts sich in das Kaminrohr o zu begeben, so dass die Erwärmung des Cylinders sowohl inwendig als auswendig erfolgt. Die bei a eintretende Druckluft gelangt nach der Erwärmung durch den Rohrstutzen c zu der Verwendungsstelle (Luftmotor). Der Deckel d ist durch Sandverschluss abgedichtet, der Mantel m zur Vermeidung von Abkühlung mit Asbestfilz bekleidet und das Rauchrohr o bisweilen mit einem Druckluftejektor zur Zugvermehrung versehen. Für einen Motor von 40 PS wird der Ofen 450 *mm* weit und 750 *mm* hoch ausgeführt.

Ein Vorwärmer, der sich durch grosse Einfachheit und Betriebssicherheit auszeichnet (Riedinger) besteht (Fig. 255) aus einem Füllschacht A, der das für einen ganzen Betriebstag erforderliche Brennmaterial aufnimmt, unten mit einem Rost r und oben mit einem Deckel d abgeschlossen ist. Dieser Füllschacht ist behufs Lufterwärmung mit einer Schmiedeisenrohrspirale b b umgeben, welche demnach nicht direkt mit dem glühenden Brennmaterial in Berührung gelangt, sondern nur von der Schachtwand erwärmt wird. Zur Verhinderung der Wärmeausstrahlung nach aussen dient ein doppelter mit Isolirmasse ausgefüllter Mantel m. Ein Ejektor ist bei diesem Vorwärmer überflüssig, indem die Feuergase direkt durch das Rohr o zum Kamin geführt werden.

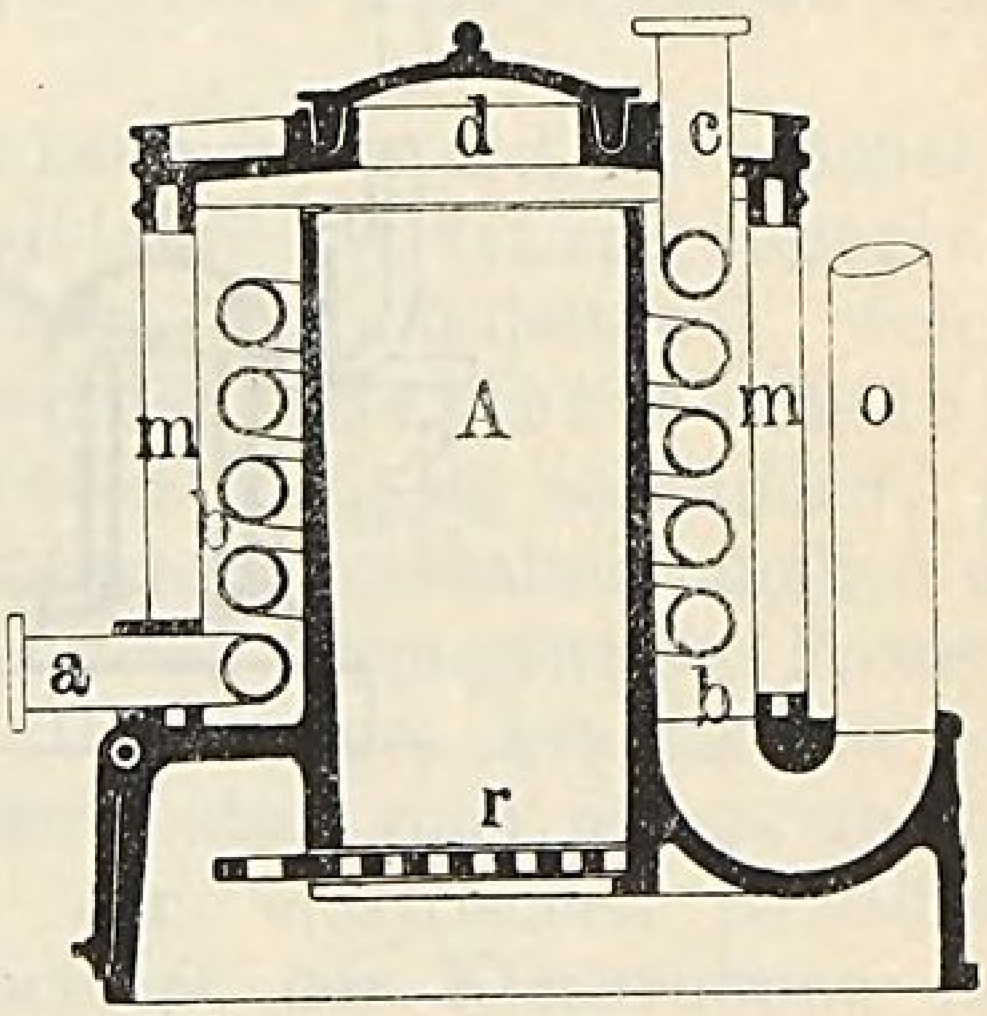


Fig. 255.

Der in Fig. 256 dargestellte Vorwärmofen (Pröll) besitzt bei r eine Rostfeuerung, aus welcher die heissen Verbrennungsprodukte in einem Schacht A aufsteigen, und zwar durch eingesetzte Rippen gezwungen, in der durch Pfeile angedeuteten Zickzackrichtung. An dem abschliessenden Deckel hängt der Erwärmungsapparat b, der aus einem gusseisernen Gefässe mit gewellten Flächen besteht, das in dem Schacht gehörig erwärmt, die Wärme an die durchstreichende Luft abgiebt, welche bei a eintritt, sich im Innern des Gefässes abwärts, sodann aufwärts und durch den Rohrstutzen c zum Motor bewegt. Auch dieser Ofen ist von einer schützenden Isolirmasse umgeben. An einer Oese lässt sich behufs der Reinigung das ganze Gefäss b aus dem Ofen herausheben.

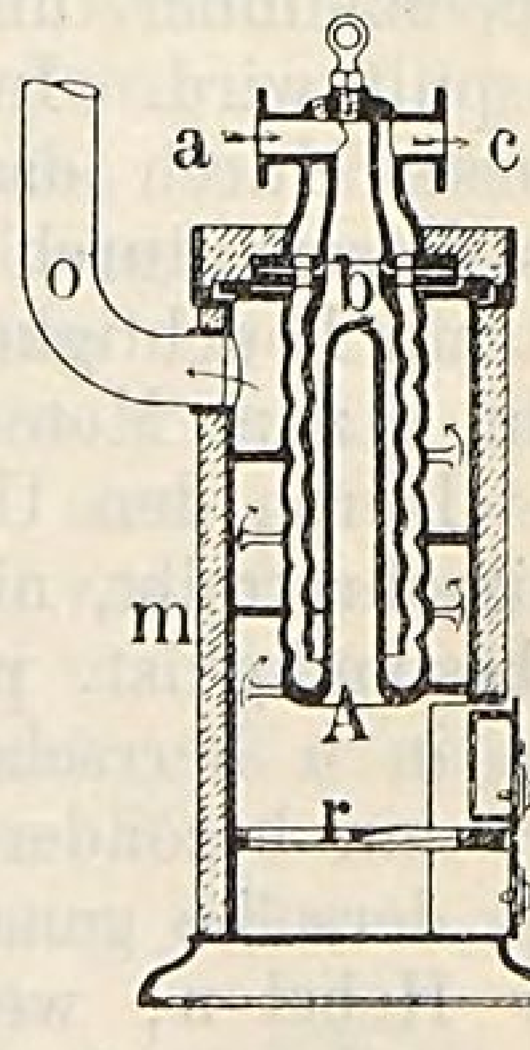


Fig. 256.

Für die Einführung von Wasser zum Zwecke die Leistungsfähigkeit der Luftmotoren zu erhöhen, genügt in der Regel ein Wasserbehälter, der mittels Leitung und Regulirhahn mit dem Luftrohr derart verbunden ist, dass in demselben der gleiche Druck herrscht als in der Leitung. Um jedoch eine genaue Regelung der Wasserzuströmung zu erzielen, sind Apparate entstanden, deren Grundanordnung (Popp) in Fig. 257 sichtbar ist. Die Druckluft tritt von der Hauptleitung durch das Nebenleitungsrohr a und das mit Gewichtstücken g belastete Regulirventil, sowie das Rohr b in den Vorwärmer F und aus diesem vorgewärmt durch das Rohr c zum Motor. Das Einspritzwasser befindet sich in dem mit Wasser-

standglas u versehenen Behälter A und steht durch das von a abgezweigte Rohr d unter dem Drucke der Leitung, da d vor dem Ventil in a ein-

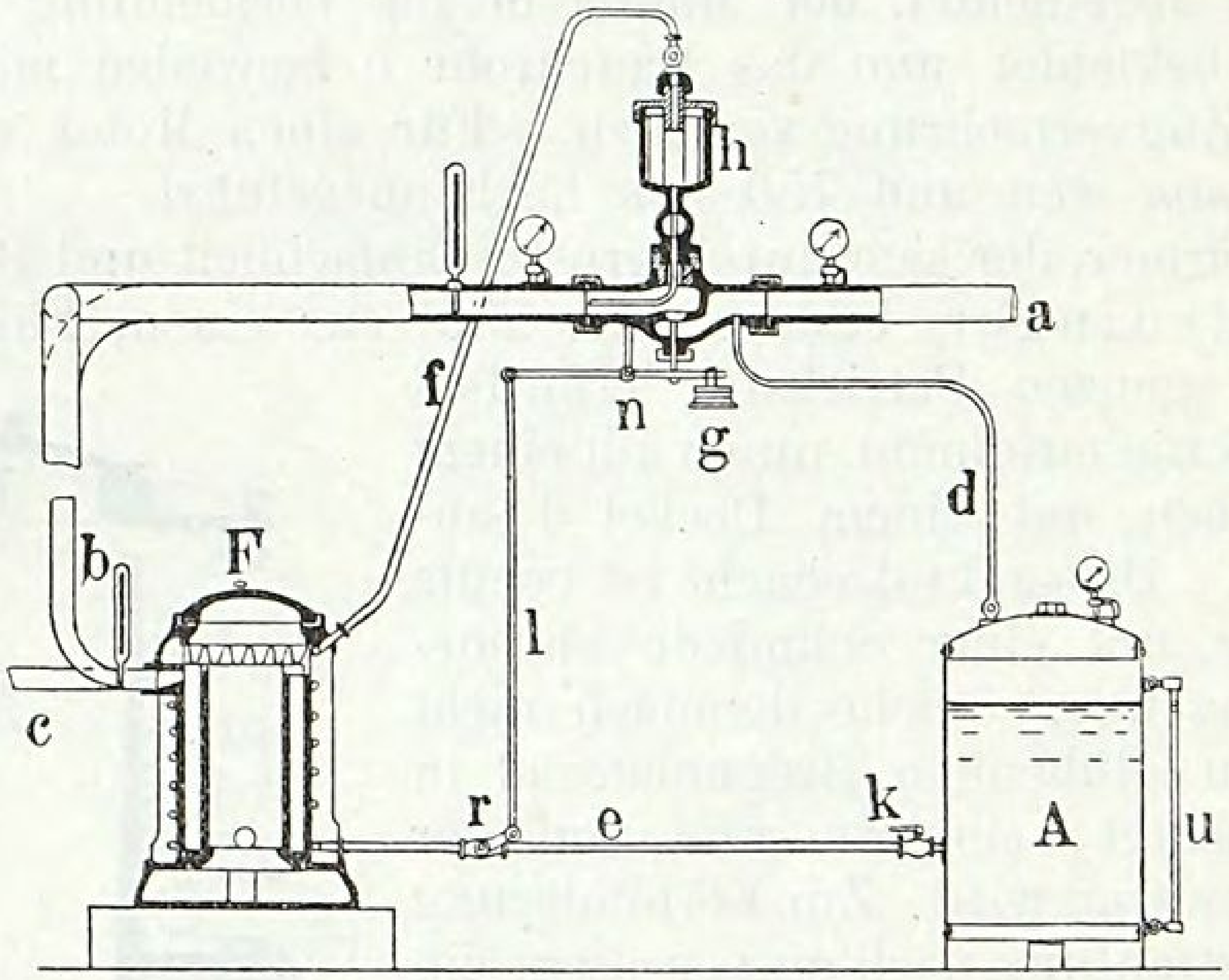


Fig. 257

mündet. Infolge des in a und b herrschenden Druckunterschiedes tritt das Wasser aus dem Behälter A durch das Rohr e in ein Schlangenrohr, welches in dem nach Fig. 255 S. konstruirten Vorwärmer zwischen dem Doppelcylinder und dem Mantel aufsteigt, und direkt von den Heizgasen umspült wird. In diesem Schlangenrohr demnach stark erhitzt, gelangt das Wasser durch das das Heizrohr fortsetzende Rohr f in ein Gefäss h und aus diesem durch einen Zerstäuber in die Luftleitung b, sättigt die Druckluft mit Feuchtigkeit und tritt mit ihr als hochgespannter Dampf durch das Rohr c zum Motor.

Durch den Umstand, dass der Überdruck, der das Wasser in das Heizrohr treibt, nicht gleich bleibt, da der Druck auf der einen Seite stets unbeständig ist, passt sich die durch den Hahn h geregelte Wassermenge dem in b herrschenden Luftdruck zwar an, allein trotzdem kommt hier noch ein besonderer Apparat in Anwendung, der den Zufluss derart regelt, dass derselbe genau der im Motor verbrauchten Luftmenge proportional ist. Der Hebel n, welcher mit dem Gewicht g einen wesentlichen Teil des Regulirventils bildet, wirkt nämlich mit der Verlängerung und der Zugstange l auf den Hahn r in der Weise ein, dass mit der Hebung des Ventils der Hahn r sich öffnet und umgekehrt. Die 3 Manometer m, m, m bezeichnen die Drücke der Luft vor und hinter dem Ventil und in dem Wasserbehälter, die 2 Thermometer t, t die Temperaturen in dem Leitungsrohr vor und nach dem Vorwärmer. Das verbrauchte Einspritzwasser kann mittels einer kleinen Druckpumpe durch den zur Kondensation gebrachten Abdampf ersetzt werden.

V. *Elektrizitätstrieb.**)

Die in den dynamoelektrischen Maschinen gebotene Möglichkeit, mechanische Arbeit in elektrische Energie zu verwandeln, lässt auch eine Umkehrung in der Weise zu, dass eine solche Maschine durch einen von aussen zugeführten Strom angetrieben werden und alsdann mechanische Arbeit abgeben kann. Mit dieser Umkehrbarkeit der Dynamomaschine ist die Grundlage für eine Kraftübertragung auf elektrischem Wege gegeben, indem man die zur Verfügung stehende Kraft zuerst zum Betriebe von Dynamomaschinen, also zur Erzeugung von Elektrizität verwendet, die letztere an die Verbrauchsstelle überträgt und dort mit Hilfe des elektrischen Stromes Motoren in Bewegung setzt.

Die Uebertragung der elektrischen Energie kann auf zwei Arten geschehen 1. durch direkte Fortleitung des Stromes in Metalldrähten (Leitungsbetrieb; 2. durch Aufspeicherung desselben in Batterieen (Akkumulatoren), welche dann an die Verbrauchsstelle transportirt werden (Batteriebetrieb). Im ersteren Falle werden in der Leitung gewisse Verluste stattfinden; im zweiten hat man ein Zwischenglied in den Prozess eingeschaltet, nämlich die Umwandlung in chemische Energie, welche stets nur in einem gewissen Prozentsatz wieder nutzbar gemacht werden kann. Die erstere Art ist die am häufigsten benutzte; in besonderen Fällen kann aber auch die zweite mit Vorteil Verwendung finden. Die Vorteile der elektrischen Kraftübertragung und Verteilung liegen in der Einfachheit der Konstruktion und Wirkungsweise der Dynamomaschinen und Elektromotoren, in ihrem geringen Raumbedarf und der leichten Regulirfähigkeit, beim Leitungsbetriebe vor allem darin, dass die Uebertragung mit Hilfe metallischer Drahtleitungen geschieht, die in einfacher Weise gegen Verluste gesichert und ohne Schwierigkeit den verschiedensten Oertlichkeiten angepasst werden können.

Maassgebend sind für die Erzeugung des Stromes in Dynamomaschinen und seine Umwandlung in mechanische Arbeit folgende Sätze:

1. Durchläuft ein elektrischer Strom eine Drahtspule, so entsteht in derselben ein magnetisches Feld oder, wie man auch sagt, es entstehen magnetische Kraftlinien. Ihre Zahl und Richtung geben die Stärke und Richtung der magnetischen Wirkung an. Diese Kraftlinien verlaufen innerhalb der Spule in Richtung der Spulenachse und bilden stets geschlossene Kurven, so dass sie also ausserhalb der Spule in sich zurückkehren. — Die Stärke der magnetischen Wirkung wird erhöht, wenn man einen Eisenkern in die Spule schiebt, und man erzielt eine abermalige Verstärkung, wenn die Kraftlinien auch ausserhalb der Spule ihren Weg durch ein magnetisirbares Material nehmen können. Man erhält dann einen magnetischen Kreis, und die Kraftströmung ist um so stärker, je geringer der magnetische Widerstand des Kreises ist, d. h. je kürzer die Weglänge der Kraftlinien, je grösser der Querschnitt und je besser die magnetische Durchlässigkeit des Eisens ist.

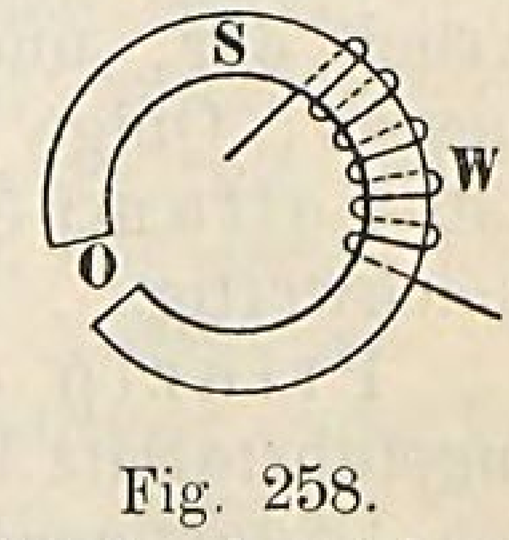


Fig. 258.

2. Durchschneidet man einen solchen ringförmigen Eisenkörper, Fig. 258, so besteht in dem entstehenden Luftzwischenraum o eine magnetische Kraftströmung, deren Stärke berechnet

*) Von Dr. C. L. Weber, Direktor der elektrotechnischen Versuchsstation in München.

werden kann aus der Anzahl von Windungen der Spule w, der Stromstärke i in den Windungen, der Länge l und dem Querschnitt q sowie der magnetischen Durchlässigkeit μ des Eisens; ferner aus Länge λ und Querschnitt σ des Luftzwischenraums. Die Stärke der Kraftströmung oder die Anzahl Z der Kraftlinien ergiebt sich durch die Formel:

$$Z = \frac{4\pi n i}{\frac{1\, l}{\mu\, q} + \frac{\lambda}{\sigma}}$$

3. Wird ein Leiter der Elektrizität z. B. ein Draht in einem magnetischen Felde bewegt, so dass die Kraftlinien von der Bewegungsrichtung senkrecht geschnitten werden, so entsteht in dem Draht eine elektromotorische Kraft. Die Grösse derselben ist der Stärke des Feldes (oder der Zahl der durchschnittenen Kraftlinien), der Geschwindigkeit der Bewegung und der Länge des bewegten Leiters proportional.

4. Die so entstandene elektromotorische Kraft erzeugt in einem geschlossenen Drahtkreis einen Strom, dessen Stärke der (algebraischen) Summe aller elektromotorischen Kräfte direkt, dem Widerstand des Kreises umgekehrt proportional ist. [Ohm'sches Gesetz.]

5. Wenn ein elektrischer Strom durch ein magnetisches Feld hindurchgeleitet wird, so dass die Stromrichtung Kraftlinien schneidet, so entsteht eine mechanische Kraft, welche zwischen dem stromführenden Leiter (Drahtspule) und dem das Feld erzeugenden Magnet wirkt und beide gegeneinander zu verschieben strebt.

Elektrische Maasse. Für die einzelnen elektrischen Grössen sind bestimmte Maasseinheiten festgesetzt und zwar sind dieselben so gewählt, dass die zwischen den einzelnen elektrischen Grössen bestehenden Beziehungen durch einfache Formeln Ausdruck finden, ebenso wie auch eine Zurückführung der elektrischen Einheiten auf die mechanischen Grundmaasse: Gramm, Centimeter, Sekunde, leicht möglich ist.

Für die Stromstärke, oder die in einer Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters fliessende Elektrizitätsmenge dient als Einheit: 1 Ampère.

Für die elektromotorische Kraft, oder die Spannungsdifferenz zwischen bestimmten Punkten eines vom Strom durchflossenen Kreises dient als Maasseinheit: 1 Volt. Der Widerstand wird gemessen in Ohm.

Nach dem Ohm'schen Gesetz ist die Stromstärke gegeben durch den Quotienten aus elektromotorischer Kraft und Widerstand; weiss man daher z. B. dass die Spannungsdifferenz an den Enden einer Glühlampe gleich 100 Volt ist und ist der in derselben zirkulirende Strom gleich 0,5 Ampère; so ist der Widerstand derselben gleich 200 Ohm. Das Produkt aus elektromotorischer Kraft und Stromstärke stellt, mit der Zeit multiplizirt, eine Arbeit dar, und es wird dieses Produkt nach Voltampère oder Watt gemessen: Obige Lampe verbraucht also 50 Watt. — 736 Voltampère oder Watt sind einer Pferdestärke gleichwertig.

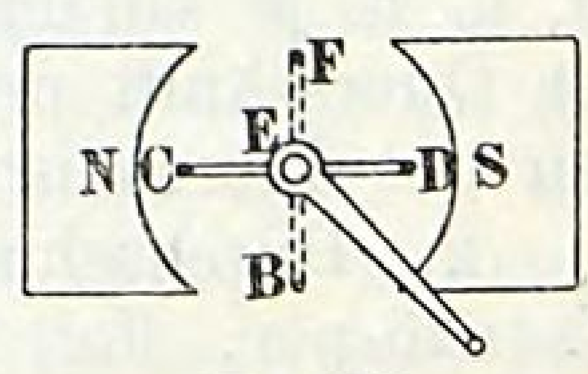


Fig.259.

Prinzip der Dynamomaschine. Der oben angeführte Satz 3 bildet die Grundlage für die Konstruktion von Dynamomaschinen. Das Schema Fig. 259 veranschaulicht die wesentlichen Teile derselben. Wird in dem von den Polen N, S erzeugten Felde das rahmenförmige Drahtviereck C D um die

Achse E gedreht, so entsteht in den Seiten C und D eine elektromotorische Kraft parallel der Drehachse. Verbindet man die beiden Enden in passender Weise z. B. durch Schleifringe und Kontaktfedern mit einem Stromkreise, so wird im letzteren während der Rotation des Drahtvierecks ein Strom zirkuliren. Bei jeder Umdrehung wechselt derselbe zweimal seine Richtung. Er ist am grössten, wenn die Ebene des Drahtvierecks in der Richtung N S liegt, also die Kraftlinien senkrecht durchschnitten werden; er ist Null, wenn die Bewegung parallel den Kraftlinien erfolgt, also bei der punktirt gezeichneten Lage B F. Man erhält also bei einer derartigen Anordnung im äusseren Kreise einen Wechselstrom. Befestigt man die Drahtenden in einem zweiteiligen Kommutator, wie Figur 260 zeigt, so kann durch schleifende Federn oder Bürsten B B ein in stets gleicher Richtung durch den äussern Kreise fliessender Strom abgenommen werden; hierin liegt die Grundform einer Gleichstrommaschine. Eine solche kann man sich aus dem beschriebenen Modell hervorgegangen denken und zwar folgendermaassen: 1. Es wird eine grössere Zahl von Drahtvierecken (Induktionsspulen) drehbar angeordnet, diesen entspricht dann eine grössere Anzahl von Teilen am Kommutator oder Kollektor. 2. das magnetische Feld wird verstärkt, indem man den Innenraum der Drahtvierecke mit Eisen ausfüllt, welches den sog. Ankerkern bildet und mit den Drahtspulen rotirt. Damit die Ströme blos im Draht, nicht aber in diesem Eisen induzirt werden, wird letzteres in Richtung der Ströme zerteilt; während es in Richtung der Kraftlinien zusammenhängt. Der gesammte drehbare Teil heisst Induktor oder Anker. 3. das magnetische Feld wird hervorgebracht von einem, meist hufeisenförmig angeordneten Elektromagnet; der zu seiner Erregung nötige Strom ist in der Regel dem Anker derselben Maschine entnommen, indem er — an den Bürsten aus dem Kollektor austretend — in voller Stärke oder mit einem Teil seiner Gesammtintensität die Schenkelwindungen des Elektromagneten durchfliesst.

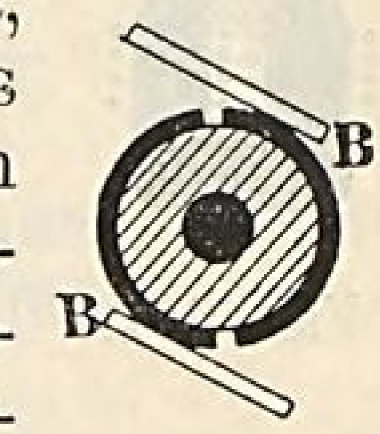


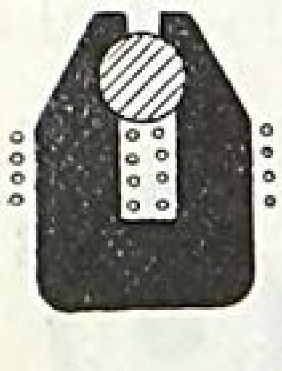
Fig. 260.

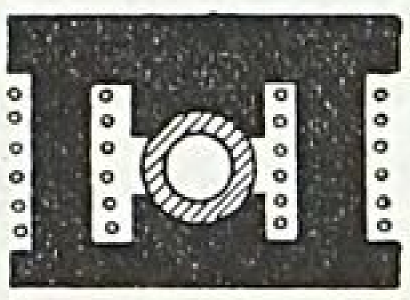
Prinzip des Elektromotors. Wird der Anker einer wie oben angeordneten Dynamomaschine von einem Strom durchflossen, welcher von einer äusseren Stromquelle herrühren mag, so entsteht nach dem unter 5 aufgeführten Satze eine mechanische Kraft, die den Anker in eine drehende Bewegung versetzt. Bei geeigneter Anordnung kann dieses Drehmoment zur Leistung mechanischer Arbeit verwendet werden; es kann also jede Dynamomaschine als Elektromotor dienen und zwar lassen sich sowohl Gleichstrom- als Wechselstrommaschinen zur Kraftübertragung verwenden; doch ist die Kraftübertragung mit Hilfe des Gleichstromes am meisten ausgebildet.

Konstruktion der Dynamomaschinen. Bei allen Dynamomaschinen, insbesondere bei den zunächst zu betrachtenden Gleichstrommaschinen lässt sich ein fester und ein beweglicher Teil unterscheiden. Der erstere setzt sich zusammen aus dem Elektromagneten mit seinen Wicklungen, der Grundplatte und den Lagerböcken. Die von den erregenden Drahtspulen umgebenen Magnetschenkel bilden mit dem Ankereisen zusammen den magnetischen Kreis der Maschine. Für die Gestaltung derselben ist maassgebend der Zweck, den Kraftlinien, welche in den Schenkelwicklungen erzeugt werden, einen möglichst kurzen und breiten Weg für ihren Kreislauf zu bieten, so dass der magnetische Widerstand des Kreises klein,

die Anzahl der von den Ankerdrähten geschnittenen Kraftlinien möglichst gross wird.

Die Grundform für die Gestalt der Elektromagnete bildet der Hufeisenmagnet (Fig. 261); doch sind vielfache Abweichungen möglich, wie sie z. B. durch Fig. 262 und 263 dargestellt sind [in Fig. 263 ist der doppelte magnetische Kreis durch punktirte Linien eingezeichnet]; bei grösseren Maschinen werden statt zwei Polen deren 4, 6 und mehr angewendet; eine


Fig. 261.


Fig. 262.

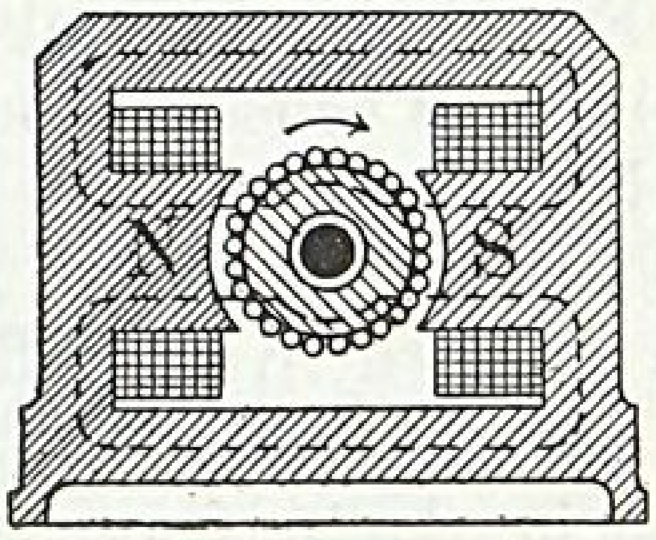
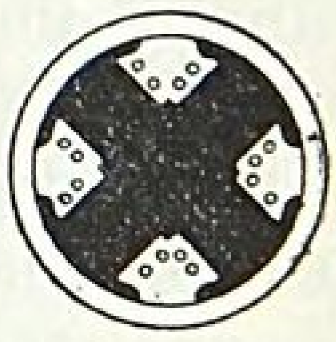


Fig. 263.


Fig. 264.


Fig. 265.

viel gebrauchte Anordnung einer solchen 4poligen Maschine zeigt Fig. 264. Bei kleineren Maschinen bildet das Eisengerüst der Elektromagnete den äusseren Teil, so dass die Pole das Ankereisen zwischen sich fassen; bei grösseren Dimensionen wählt man zweckmässiger Weise eine umgekehrte Anordnung, wie sie Fig. 265 zeigt, wo der Anker von dem äusseren Ring, die Elektromagnetschenkel durch das innere Kreuz dargestellt sind. Man spricht demgemäss von Aussenpolmaschinen und Innenpolmaschinen.

Obwohl das Schmiedeisen bessere magnetische Eigenschaften besitzt, als das Gusseisen, wird doch bei stationären Maschinen meistens das letztere für den Aufbau der Elektromagnete verwendet, indem man durch vergrösserte Dimensionen die geringere magnetische Durchlässigkeit ausgleicht. Spielt dagegen das Gewicht der Maschine bei ihrer Verwendung eine grössere Rolle, so werden sämmtliche Teile des magnetischen Kreises aus Schmiedeisen hergestellt.

Der bewegliche Teil der Maschine, der Anker, setzt sich zusammen aus dem Eisenkern, der Ankerwicklung, der Ankerwelle und dem Kollektor. Man unterscheidet Trommelanker und Ringanker. Der Trommelanker hat die Gestalt eines Kreiscylinders. Seine Wicklungen laufen auf dem Cylindermantel in Richtung der Axe und sind auf der Stirnfläche geschlossen, die Drahtwindungen sind in mehrere Abteilungen getrennt und in ähnlicher Weise wie in Fig. 266 für 4 Abteilungen dargestellt mit den 4 entsprechenden Segmenten 1, 2, 3, 4 des Kollektors verbunden; durch B B sind die Bürsten bezeichnet. Typisch ist für denselben, dass der grösste Teil der Windungen zwischen Ankereisen und den Magnetpolen liegt und dort der induzirenden Wirkung des Feldes auf einem grossen Teil der gesamten Drahtlänge ausgesetzt ist, wie z. B. in Fig. 263 zu erkennen ist. Nur die verhältnissmässig kurzen Verbindungsstücke auf der Stirnfläche sind dieser Einwirkung entzogen und bilden einen nutzlosen Teil der Windungen.

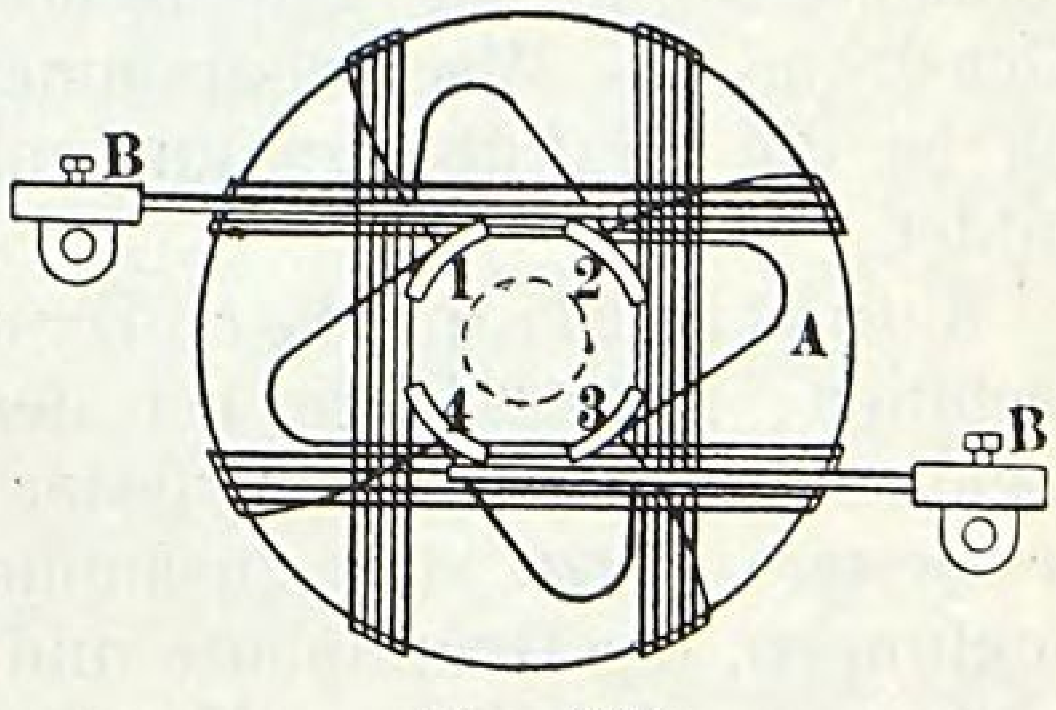


Fig. 266.

Der Ringanker hat die in Fig. 267 dargestellte Gestalt, aus welcher zugleich die Art der Windungen zu ersehen ist. Je nachdem seine Dimensionen mehr in der Richtung der Achse oder mehr in Richtung des Radius ausgebildet sind, unterscheidet man Cylinderring oder Flachring. Auch hier ist die Wicklung wie beim Trommelanker aus einer Reihe einzelner Spulen gebildet, die unter sich zusammenhängen und von denen jede mit einem Segment des Kollektors in Verbindung steht.

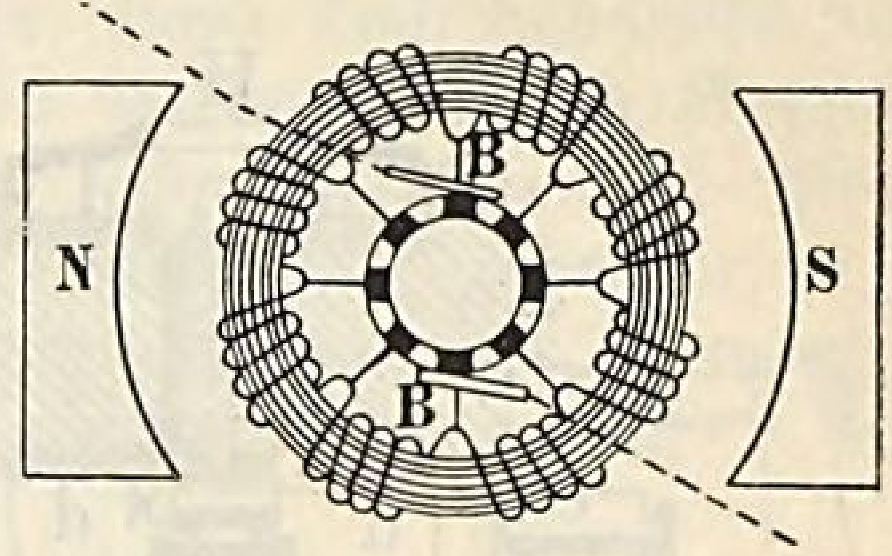


Fig. 267.

Das Ankereisen ist bei seiner Rotation einer stets wechselnden Magnetisirung unterworfen und muss daher aus möglichst weichem Schmiedeisen gemacht werden. Damit der magnetische Widerstand klein sei, muss es in Richtung der Kraftlinien zusammenhängend sein, um aber die Ausbildung von Strömen im Eisen zu verhüten, ist es in Richtung der Drahtwindungen zerteilt.

Dies wird dadurch erreicht, dass man den Trommelanker aus kreisförmigen Eisenscheiben zusammensetzt, die durch dazwischen gelegte Papierscheiben isolirt werden. Mit Hilfe von isolirten Bolzen, welche in Richtung der Ankerwelle diese Scheiben durchdringen, werden dieselben zu dem cylinderförmigen Ankerkern zusammengefügt. Die Ringanker werden aus Eisenband oder Eisendraht gebildet und zwar beim Flachring so, dass sie in Richtung der Peripherie zusammenhängen, in radialer Richtung dagegen sind die einzelnen Eisenbleche durch Isolationsmasse (Papier) getrennt. — Besondere Rücksicht wird auf die Ventilation des Ankers verwendet, welche allzu starke Erwärmung verhüten soll; man erreicht eine solche durch geeignete Bohrungen im Eisen oder durch schaufelförmige Anordnung der Innenteile etc.

Die Ankerwicklung besteht aus Kupferdraht, der durch Baumwolle Guttapercha etc. sorgfältig isolirt ist; manchmal werden die Wicklungen aus einzelnen Kupferstäben zusammengesetzt.

Der Kollektor wird durch einen Kranz einzelner metallischer Sektoren gebildet. Jeder derselben ist mit einer Spule der Wicklung in Verbindung. Die einzelnen Sektoren sind aus Messing, Kupfer oder Eisen und von einander isolirt, zu welchem Zwecke Glimmer, Elfenbein, Holz, Papier etc. benutzt werden kann; oft auch lässt man eine Luftschicht wenigstens auf einen Teil der Länge die isolirende Zwischenschicht bilden.

Die Bürsten B B Fig. 267 dienen dazu, den in den Ankerwindungen erzeugten Strom von den einzelnen Kollektorsegmenten abzunehmen und dem äusseren Stromkreis zuzuführen. Sie werden aus Kupferdraht oder Kupferblech geformt, häufig auch aus besonders hergestellten Kupfergeweben; in manchen Fällen benutzt man eine eigens geformte Kohle für diesen Zweck. Je nach der Zahl der Magnetpole können 2 oder mehr Bürsten angewendet werden; im letzteren Falle wird je die Hälfte unter sich verbunden. Behufs Einstellung der Bürsten sind sie auf einem besonderen Rahmen mit Haltern befestigt und mit Federn versehen, die für guten gleichmässigen Kontakt sorgen. Die Rahmen sind um die Ankerwelle verstellbar und zwar bei grösseren Maschinen mittels Spindel und Handrad.

Eine konstruktive Anordnung der besprochenen einzelnen Teile zeigt die in Fig. 268 und 269 im Durchschnitt und in der Vorderansicht dar-

gestellte Flachringmaschine (Schuckert), welche zum Betriebe von Zentralstationen dient und bis zur Grösse von 300 bis 400 PS. ausgeführt wird. Die Elektromagnete bilden ein festes Gerüst, welches fast die ganze Maschine von beiden Seiten bedeckt. Es wird nämlich das magnetische Feld erzeugt

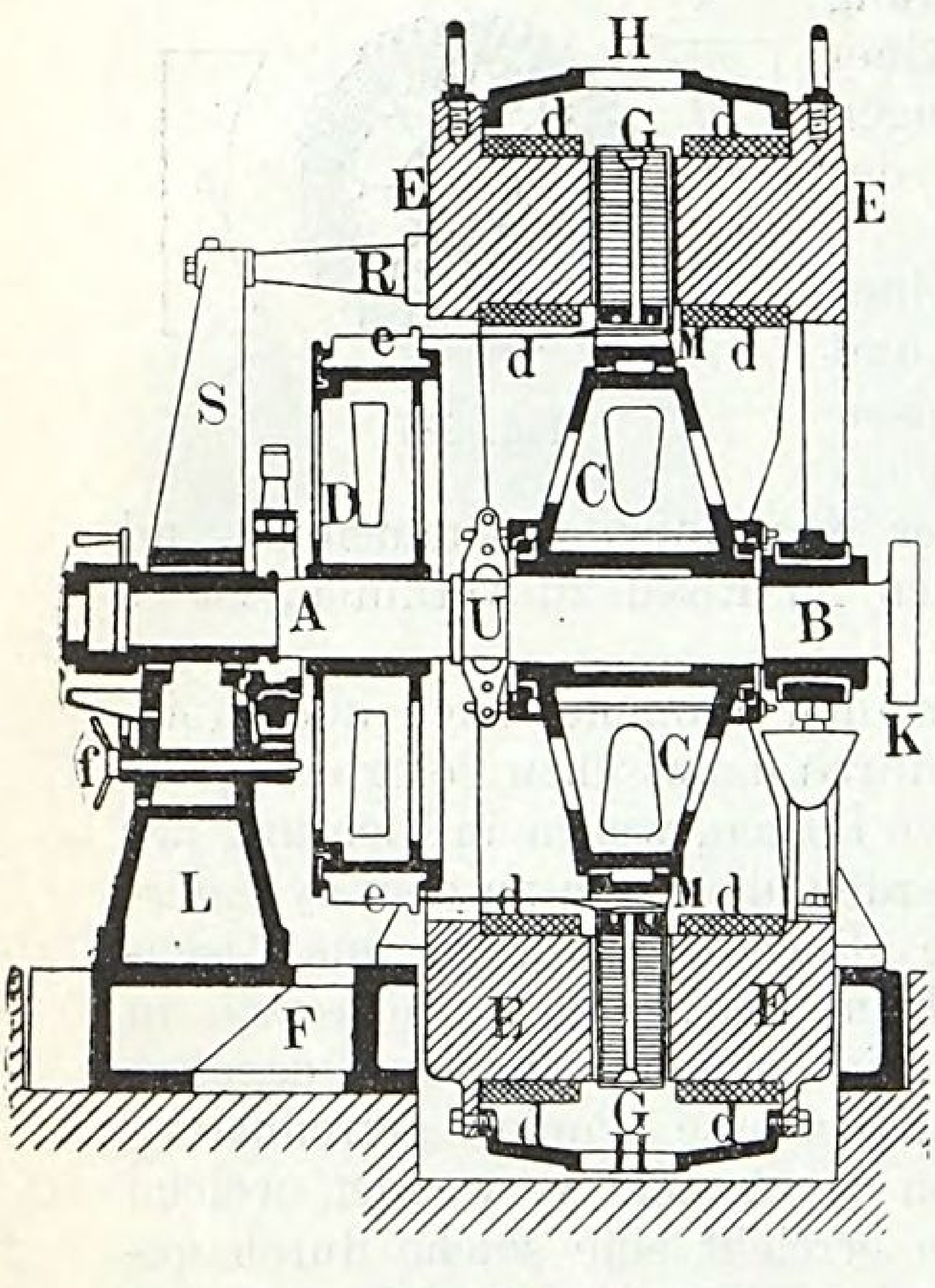


Fig. 268.

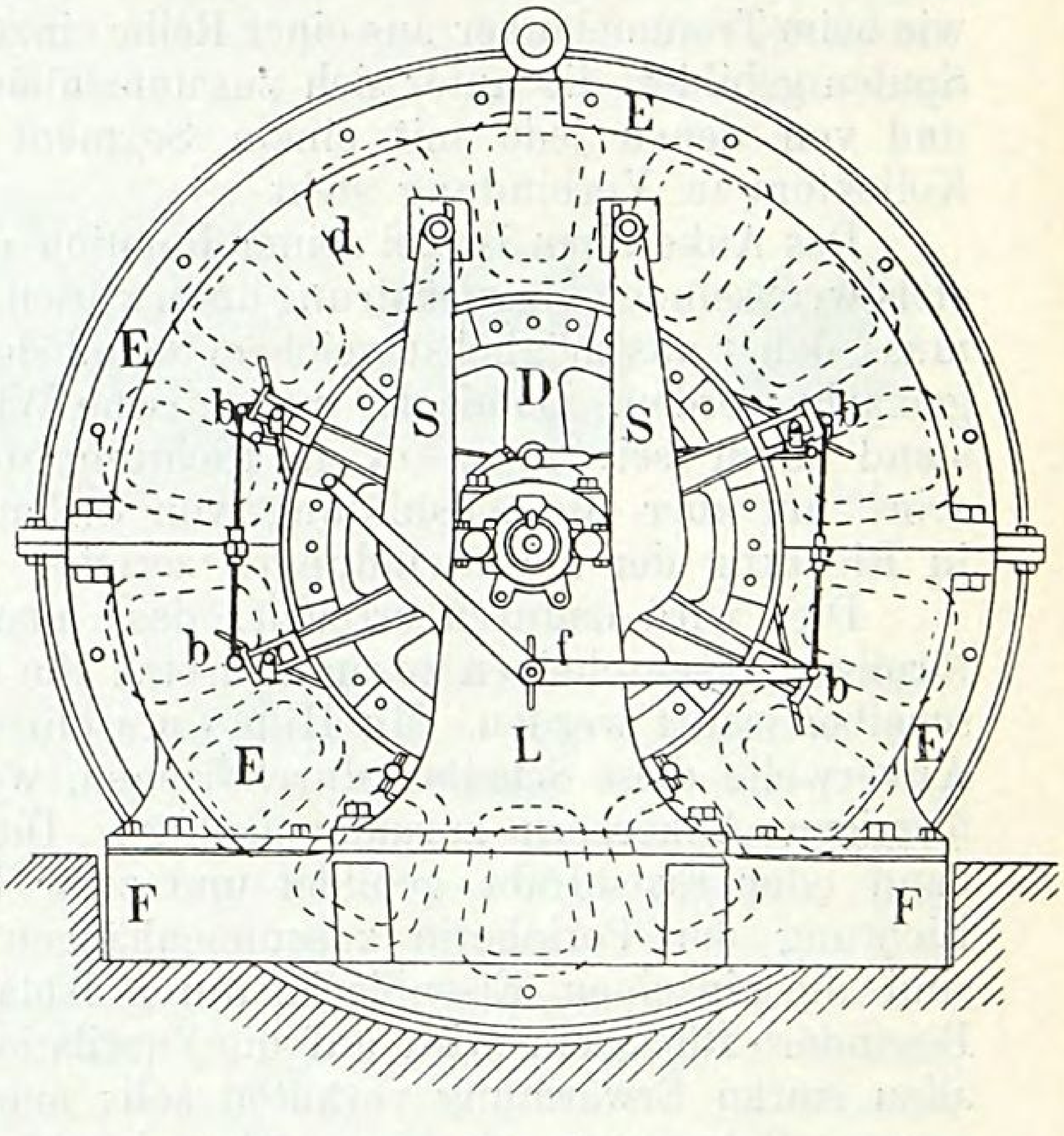


Fig. 269.

von 2 mal 14 Elektromagneten, deren Kerne E, E ovalen Querschnitt haben; je 7 Magnetkerne bilden mit einem entsprechenden Teil der gemeinsamen ringförmigen Grundplatte ein einziges Gusstück, so dass sich das ganze aus 4 halbkreisförmigen Ringen zusammenzetzt, von denen die 2 unteren mit dem Fundament F verbunden und die beiden oberen Hälften durch starke Verschraubungen auf den unteren befestigt sind, während nach innen die 2 mal 14 Kerne E E hervorragen, auf denen die Erregerspulen d, d sitzen. Der eine dieser starken Ringe bildet zugleich den Träger für das eine Achsenlager, während das zweite Achsenlager durch einen besonderen Lagerbock L getragen wird. Zur Versteifung des ganzen dient ein starkes Gehäuse H H, welches die beiden Magnetringe auf dem ganzen äusseren Umfange zusammenhält und zum Zwecke der Ventilation mit ovalen Oeffnungen bei H versehen ist; ferner ist noch, um dem Gerüste möglichste Festigkeit zu geben und die Zug- und Druckwirkungen zwischen den Magnetpolen und Achsenlagern auszugleichen, in der Verlängerung des Lagerständers L ein gegabelter Arm S S angeordnet, der durch starke Stützen R mit dem Magnetsystem verbunden ist.

Die starke Achse A B trägt den Flachring G G und den Kollektor D e. An dem Flachring ist zunächst der aus Bandeisen mit eingelegten Papierlagen gebildete Ankerkern G M zu unterscheiden; dieser ist mit den isolirten Wicklungen auf seinem ganzen Umfange so umgeben, dass nur ein schmaler Zwischenraum zwischen den Polstücken E E und den Kernwicklungen die freie Rotationsbewegung möglich macht.

Der Eisenring ist mit der Achse verbunden durch einen kräftigen Stern von Speichen C, die mit breiter ringförmiger Basis auf der Achse durch Keile festgehalten sind und sich gegen die Peripherie zu verjüngen; diese Speichenkonstruktion ist ebenfalls aus Eisen. Um es aber den magnetischen Kraftlinien unmöglich zu machen, in diese Speichenanordnung einzutreten, ist der Flachring zunächst auf einen starken, hohlen Messingring M M aufgesetzt und mit Schrauben G auf ihm festgehalten; dieser Messingring ist seinerseits mit den Speichen in Verbindung gebracht.

In der Figur ist noch der Stellring U zu erkennen, welcher es möglich macht, den ganzen Flachring genau in den Zwischenraum zwischen dem Magnetgerüst einzupassen.

Der Kollektor D ist ebenfalls in Form eines Rades von bedeutendem Umfang gestaltet, dessen Speichen in der Vorderansicht sichtbar sind; aus der Durchschnittszeichnung ist auch erkennbar, wie die einzelnen von einander und von dem Radkörper durch Presspan isolirten Kollektorsegmente e e durch ihre konische Gestalt mit Hilfe von übergreifenden Ringen festgehalten werden. Ebenso sind die Drahtverbindungen bei e d M zu erkennen, welche von den Kollektorsegmenten nach den einzelnen Abteilungen der Ringwicklung führen.

Auf der Vorderansicht treten ferner noch die 4 Bürsten b, b, b, b hervor, die durch kreuzförmige Arme gehalten und so verbunden sind, dass sie gemeinsam von f aus verstellt werden können.

Schaltung der Maschinen. Der im Anker der Dynamomaschine erzeugte Strom wird, wenn er mit Hilfe der Bürsten vom Kollektor abgenommen ist, nicht nur zur Speisung des äusseren Leitungskreises und der dort befindlichen Verbrauchsapparate, Lampen, Elektromotoren, Akkumulatoren etc. verwendet, sondern er dient zu gleicher Zeit in der Regel zur Erregung der Elektromagnete. Nur in Ausnahmefällen, häufiger bei Wechselstrommaschinen, wird der zu letzterem Zwecke benötigte Strom einer besonderen Quelle (Erregermaschinen, Akkumulatoren) entnommen. Die Art wie die Elektromagnetwicklung mit dem äusseren Stromkreis einerseits mit den Ankerwindungen andererseits verbunden ist, kann verschieden sein und man unterscheidet demgemäss Hauptstrom(Serien)maschinen, Nebenschlussmaschinen und Maschinen mit gemischter Wicklung (Kompoundmaschinen).

Die gleiche Unterscheidung gilt für Elektromotoren.

Bei einer Hauptstrommaschine (Fig. 270) ist die Schaltung derart, dass der Strom von der Bürste 1 ausgehend zunächst die Magnetwicklung durchfliesst, alsdann durch die Klemme A in die äussere Leitung A B eintritt, und, nachdem er die in A B befindlichen Verbrauchsapparate durchlaufen hat, durch B zur Bürste 2 zurückkehrt. Diese einfachste Schaltung wird u. A. dann angewendet, wenn die Maschine eine möglichst konstante Stromstärke liefern soll.

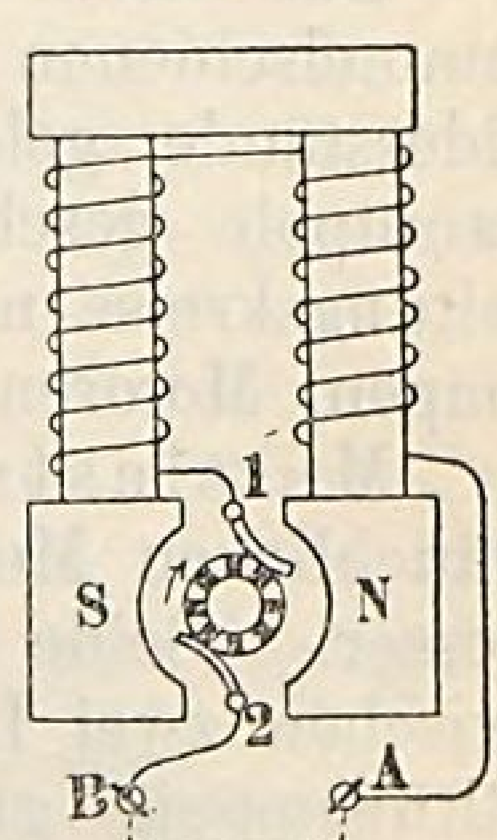


Fig. 270.

Bei einer Nebenschlussmaschine (Fig. 271) verzweigt sich der von den Bürsten 1, 2 abgenommene Strom in 2 Leitungen, von welchen die eine A B nach den Verbrauchsstellen mit den Lampen L führt, während die andere C D E die Elektromagnetwicklung enthält; der in letzterer fliessende Strom wird ausserdem durch einen aus Drahtspiralen gebildeten

Regulirwiderstand D geleitet, so dass man durch Veränderung dieses Widerstandes die Erregung der Magnete verstärken oder abschwächen, sowie auf diese Weise bei wechselndem Konsum eine konstante Spannung im äussern Kreis A B erzielen kann.

Eine Vereinigung beider Schaltungsarten findet sich in den sog. Kompoundmaschinen (Maschinen mit gemischter Wicklung) Fig. 272. Die

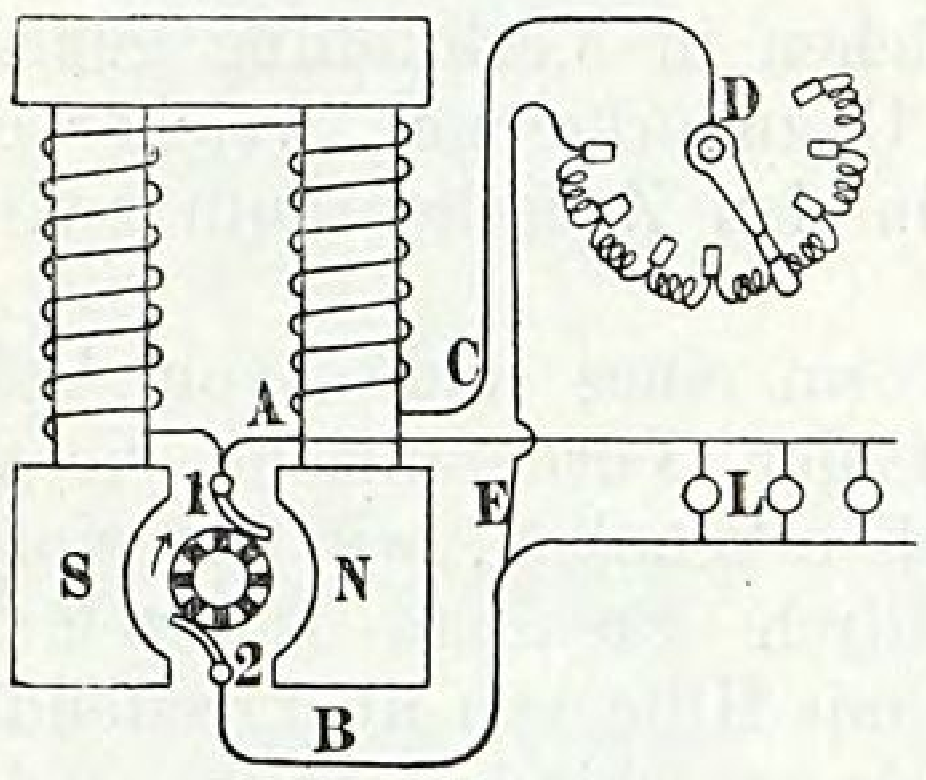


Fig. 271.

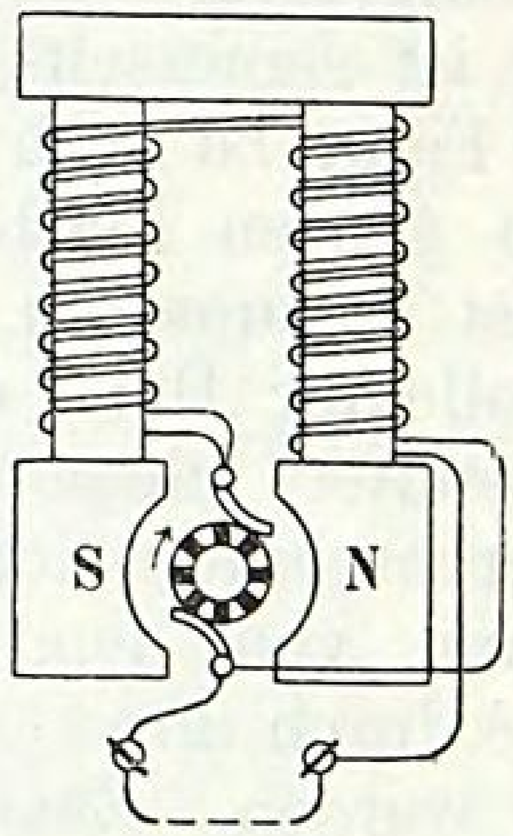


Fig. 272.

Schenkelspulen bestehen hier aus 2 verschiedenen Wicklungen, von denen die eine, aus wenig Windungen dicken Drahtes gebildet, vom Hauptstrom durchflossen wird, während die andere, aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes bestehend, ebenso wie bei der Nebenschlussmaschine in einer Abzweigung vom Hauptstrome liegt; der letztere Zweig enthält auch hier meistens einen Regulirwiderstand. Diese Maschinen sind besonders geeignet, eine konstante Spannung in der Verbrauchsleitung aufrecht zu erhalten, indem durch die Art der Wicklung die Schwankungen des Konsums bis zu einem gewissen Grade selbstthätig ausgeglichen werden.

Das Schema Fig. 273 zeigt die Art und Weise, nach welcher in Zentralstationen die Verbindung der Maschinen mit den Mess- und Regulirapparaten einerseits, mit den Energie verbrauchenden Lampen, Motoren etc. andrerseits angeordnet ist.

Der Strom wird von den Bürsten durch den Strommesser nach den Sammelschienen geführt; während ein Nebenschluss durch die Regulirwiderstände geleitet ist. Der Spannungszeiger ist zwischen die beiden Hauptpole geschaltet. Von den Sammelschienen zweigen die einzelnen Leitungskreise nach den Gebrauchsstellen ab, welche Glühlampen, Bogenlampen, Motoren enthalten.

M e s s i n s t r u m e n t e. Die für technische Anlagen nötigen und gebräuchlichen Messinstrumente sind hauptsächlich Strom- und Spannungsmesser. Beide beruhen auf derselben Grundlage; denn zur Messung der zwischen zwei Leitern herrschenden Spannung wird in der Regel ein verhältnismässig grosser Widerstand zwischen dieselben geschaltet und die Wirkung des durch diesen Widerstand fliessenden schwachen Stromes beobachtet, welche unter diesen Umständen direkt ein Maass für die Spannung giebt. Bei technischen Apparaten wird die Verwendung von permanenten Magneten möglichst vermieden, weil sie in der Nähe von Maschinen und starken Strömen leicht Veränderungen im Magnetismus erleiden.

Bei Benutzung von weichem Eisen ist es wichtig, dass die Eisenmasse möglichst klein ist, so dass schon bei der unteren Grenze des Messbereiches

vollständige magnetische Sättigung eintritt. Zwei Anordnungen dieser Art sind besonders verbreitet. Die erste benutzt eine Spule mit vertikaler Achse, durch welche der zu messende Strom geschickt wird. In der Spulenachse ist ein Eisenkern so aufgehängt, dass er durch den Strom magnetisirt und in die Spule hineingezogen wird, um so weiter und kräftiger, je stärker der Strom ist; dieser Kraft wirkt entweder eine Spiralfeder oder ein an einem Hebelwerk angebrachtes Gegengewicht entgegen; die Bewegung wird durch einen Zeiger auf entsprechend geteilter Skale sichtbar gemacht.

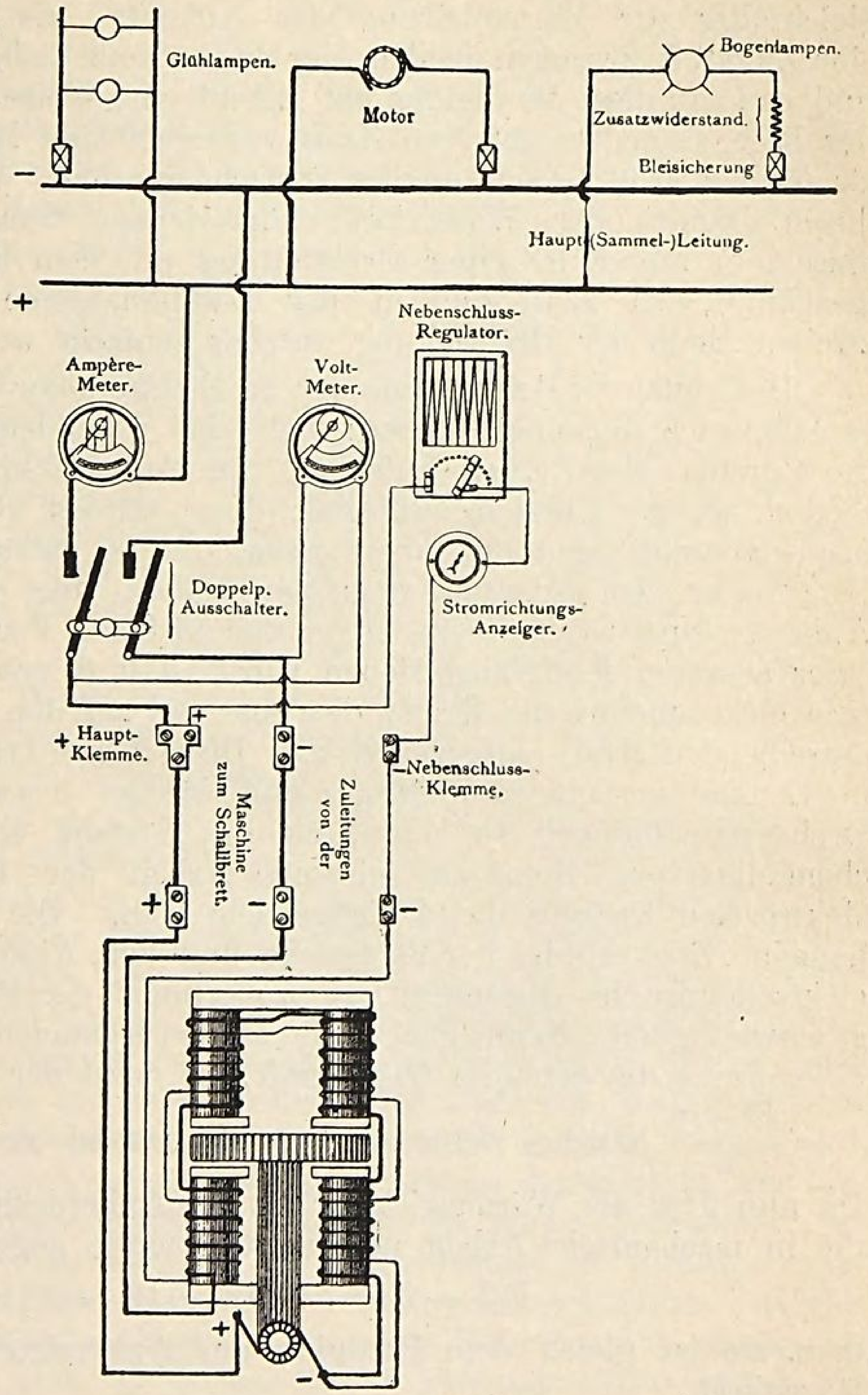


Fig. 273.

Die zweite Anordnung (Hummel), von welcher Fig. 274 ein Bild giebt, zeigt eine Spule mit horizontaler Achse und mit den Klemmen k k. Im Hohlraum derselben ist ein möglichst kleiner Eisenkern c (Röhre aus dünnem weichen Eisenblech oder Kreissegment) so angebracht, dass er sich um eine ebenfalls horizontale jedoch exzentrisch zur Spule gelagerte Achse p drehen kann. Der durch die Spulenwicklung fliessende Strom zieht das Eisenstück gegen die innere Wandung der Spule hin, wobei diese Bewegung durch ein Gegengewicht g geregelt und durch den Zeiger z auf der Skale a b kenntlich gemacht wird.

Alle diese Instrumente müssen empirisch geaicht werden.

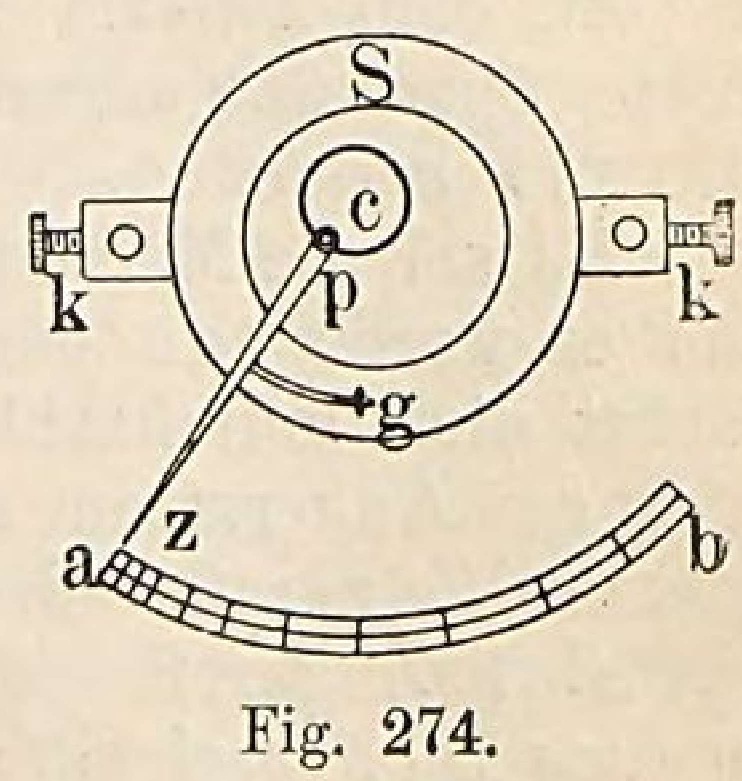


Fig. 274.

Verhalten der Dynamomaschine als Motor. Die verschiedenen Schaltungsarten, wie sie für Dynamomaschinen gebräuchlich sind, können in derselben Weise für Elektromotoren angewendet werden und sind dann für das Verhalten des Motors maassgebend. Die Einrichtung eines Elektromotors wird sich im

allgemeinen von der einer Generatormaschine nicht unterscheiden. Der Strom, von einer ausserhalb liegenden Quelle geliefert, wird dem Motor an den Klemmen zugeführt und dient zur Erregung der Magnetschenkel, sowie gleichzeitig zur Magnetisirung des Ankers. Es entsteht infolge dessen eine Zugkraft zwischen beiden, der Anker setzt sich in drehende Bewegung und es kann diese Bewegung auf irgend eine Weise z. B. durch Vermittlung der Riemenscheibe auf eine Kraft verbrauchende Maschine übertragen und als mechanische Arbeit nutzbar gemacht werden. Verbindet man also eine durch Dampf oder Wasserkraft angetriebene Generatormaschine (Primärmaschine) mit Hilfe einer Drahtleitung mit dem Elektromotor (Sekundärmaschine), so kann die in der Dampfmaschine produzirte Arbeit am zweiten Ende der Drahtleitung nutzbar gemacht werden.

Die genauere Betrachtung der im Elektromotor stattfindenden Vorgänge gestaltet sich folgendermaassen: wenn bei ruhendem Anker der Strom durch die Bürsten eintritt, so entstehen im Ankereisen 2 Magnetpole an den Stellen, wo die Bürsten aufliegen; diese werden von den Polen des Feldmagneten angezogen und abgestossen, und es entsteht, da sich die ersteren Pole unter den Bürsten stets neu bilden, die drehende Bewegung des Ankers. Nun hat man im Anker den gleichen Vorgang, wie wenn er von einer äusseren Kraft angetrieben würde, d. h. es entsteht in seiner Wicklung eine elektromotorische Kraft, die aber der an den Klemmen vorhandenen, antreibenden Kraft entgegenwirkt. Diese Gegenkraft schwächt daher den im Anker verlaufenden Strom und infolge dessen vermindert sich die Drehgeschwindigkeit so lange, bis ein Zustand eingetreten ist, bei welchem die vom Motor zu leistende Arbeit der im Anker verbrauchten elektrischen Energie das Gleichgewicht hält. Die in jedem Moment vorhandene Zugkraft ist der Feldstärke und dem Ankerstrom proportional; die elektromotorische Gegenkraft ist proportional der Feldstärke und der Drehgeschwindigkeit. Nennt man E die an den Klemmen herrschende Spannungsdifferenz, e die erzeugte Gegenkraft, so wird der Ankerstrom die Grösse: $J = \frac{E - e}{w}$ haben, wenn w den Widerstand der Ankerdrähte bedeutet. Da nun $J^2 w$ als Wärmewirkung in den Ankerdrähten verloren geht, so ist die in mechanische Arbeit umgesetzte Energie gegeben durch die Differenz:

$$E J - J = J^2 w [E - (E - e)] = J e$$

d. h. sie ist gleich dem Produkte aus Ankerstrom und elektromotorischer Gegenkraft.

Es ist nun von grösster Wichtigkeit das Verhalten der Motoren bei verschiedener Belastung kennen zu lernen.

Zu dem Zwecke sei an den Klemmen der Maschine eine stets konstante Spannung angenommen und zunächst ein Nebenschlussmotor Fig. 271 betrachtet.

Es sei die Magnetwicklung für eine bestimmte Arbeitsleistung berechnet und es werde nun der Motor über diese hinaus belastet; alsdann sinkt zunächst die Umdrehzahl und damit die Gegenkraft des Ankers; infolgedessen wird der Ankerstrom stärker und also, da die Feldstärke gleich bleibt, eine grössere Zugkraft bei etwas verminderter Geschwindigkeit auftreten. Diese vermehrte Zugkraft wirkt einem weiteren Abnehmen der Tourenzahl entgegen, so dass sehr rasch ein neuer Gleichgewichtszustand eintritt. Man kann leicht

einsehen, dass der umgekehrte Erfolg bei plötzlich verminderter Belastung eintritt, so dass also der Nebenschlussmotor die Eigenschaft zeigt, sich den veränderten Belastungen mit kleinen Aenderungen der Tourenzahl anzupassen. Innerhalb gewisser Grenzen bleibt die Tourenzahl merklich konstant.

Etwas anders verhält sich der Hauptstrommotor Fig. 270. Wird hier die Belastung vergrössert, so ergiebt sich als Folge der verminderten Geschwindigkeit und der damit kleiner gewordenen Gegenkraft ein Ansteigen des Stromes. In diesem Fall ist aber hiemit verstärktes Feld und verstärkter Ankerstrom verbunden, daher eine viel grössere Steigerung der Zugkraft, als im obigen Fall auftritt; die Vergrösserung der Feldstärke bewirkt nun in diesem Fall, dass der neue Gleichgewichtszustand bei stark verminderter Tourenzahl sich einstellt. Wird umgekehrt die Belastung vermindert, so wird infolge der erhöhten Gegenkraft eine Verminderung des Ankerstromes zugleich mit einer Schwächung des Feldes eintreten, daher wird die Drehgeschwindigkeit weiter anwachsen, bis bei erhöhter Tourenzahl ein neues Gleichgewicht sich ausgebildet hat. Wird die Belastung fortwährend vermindert, so wird die Drehgeschwindigkeit sich immer mehr steigern und ein leerlaufender Hauptstrommotor wird bei konstanter Klemmenspannung „durchgehen". Solche Motoren sind namentlich dort brauchbar, wo eine sehr wechselnde Belastung zu überwinden ist, ohne dass die Gleichmässigkeit der Tourenzahl von Wichtigkeit wäre. Wegen der starken Zugkraft, die sie beim Anlaufen unter Belastung ausüben können, werden sie besonders zum Betriebe von elektrischen Bahnen verwendet.

Motoren mit gemischter Wicklung auf den Elektromagneten haben, gleich den ebenso gebauten Dynamomaschinen, die Eigenschaft, dass sie bei konstanter Spannung an ihren Klemmen eine wechselnde Belastung unter nahezu gleichbleibender Tourenzahl überwinden können.

Wenn die Verbindungen der Drähte genau so bleiben, wie bei einer Generatormaschine, so wird der von dem Nebenschluss erzeugte Magnetismus durch die Hauptstromwindungen geschwächt; sind die Windungszahlen entsprechend gewählt, so kann auf diese Weise selbst innerhalb weiter Grenzen eine besonders grosse Gleichmässigkeit der Tourenzahl erreicht werden.

Bei allen Elektromotoren ist zu beachten, dass im Augenblicke des Anlaufens noch keine elektromotorische Gegenkraft im Anker vorhanden ist. Um daher ein gefährliches Anwachsen des Ankerstromes zu verhüten werden fast stets Regulirwiderstände in diesen Stromkreis geschaltet, welche wieder ausgeschaltet werden, sobald die normale Tourenzahl erreicht ist. Sehr brauchbar erweisen sich für diesen Zweck Flüssigkeitswiderstände.

Sind die Motoren an ein grösseres Leitungsnetz angeschlossen, welches ausserdem noch zu Beleuchtungszwecken dient, so hat man es meistens mit konstanter Spannung zu thun und kann dann in vielen Fällen anderweitige Regulatoren entbehren, indem man von der Selbstregulirung der Nebenschluss- und Kompoundmotoren Gebrauch macht.

Hat man sehr veränderliche Belastung, wie bei elektrischen Bahnen, wo wie oben erwähnt, die Hauptstrommotoren besondere Vorzüge bieten, so wird eine Regulirung entweder durch Vorschaltwiderstände oder durch eine veränderliche Felderregung bewirkt.

Bei einer Stromverteilung mit konstanter Stromstärke lässt sich eine Selbstregelung der Motoren nicht so leicht herstellen wie bei konstanter Spannung; man kann dann Regulatoren benutzen, die z. B. ähnlich wie

die Zentrifugalregulatoren der Dampfmaschinen die Tourenzahl gleichmässig erhalten, indem sie geeignet angeordnete Kontakte bethätigen, so dass entweder der Ankerstrom oder die Magneterregung geändert wird.

Wird eine Kraftübertragung für einen bestimmten Zweck ausgeführt, so dass Generator und Motor einander angepasst werden können, so lässt sich schon durch Auswahl der Dimensionen, Wicklungen etc. eine weitgehende Selbstregulirung des ganzen Systems erzielen; alsdann verlangt die Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage eine genaue Ueberlegung aller Einzelheiten, wobei besonders die Rücksicht auf die Kosten der Leitungen eine grosse Rolle spielt und folgende Grundsätze zur Geltung kommen.

Beziehungen zwischen Generator und Motor.

Wie oben gezeigt wurde, ist die in dem Motor als mechanische Arbeit gewonnene Energie gegeben durch das Produkt aus der Stromstärke i und der elektromotorischen Gegenkraft e. Bezeichnet man mit δ_1 die Klemmenspannung am Motor, und mit w_1 seinen inneren Widerstand, so ist also

$$e = \delta_1 - i\,w_1$$ und die gewonnene Arbeit

$$A_1 = i\,\delta_1 - i^2 w_1$$

In gleicher Weise gilt für die am Generator aufgewendete Arbeit A wenn δ und w die Klemmenspannung und inneren Widerstand desselben bedeuten:

$$A = i\,\delta + i^2 w$$

Die Grössen $\frac{\delta_1}{A_1}$ und $\frac{\delta}{A}$ werden als das elektrische Güteverhältnis des Motors bezw. des Generators bezeichnet und der Quotient $\frac{A_1}{A}$ giebt dann den Wirkungsgrad der gesamten Kraftübertragung an; derselbe ist also

$$\frac{A_1}{A} = \frac{i\,\delta_1 - i^2 w_1}{i\,\delta + i^2 w} = \frac{\delta_1 - i\,w_1}{\delta + i\,w}$$

Hiebei sind die Verluste durch magnetische Reibung (Hysteresis) und mechanische Reibung nicht in Betracht gezogen.

Berücksichtigt man auch diese Verluste, welche mit v und v_1 bezeichnet werden sollen, so wird

$$A_1 = i\,\delta_1 - i^2 w_1 - v_1$$
$$A = i\,\delta + i^2 w + v$$

und der Nutzeffekt der ganzen Anlage ist gegeben durch

$$\frac{A_1}{A} = \frac{i\,\delta_1 - i^2 w_1 - v_1}{i\,\delta + i^2 w + v} = \frac{\delta_1}{\delta} \cdot \frac{1 - \frac{i^2 w_1 + v_1}{i\,\delta_1}}{1 + \frac{i^2 w + v}{i\,\delta}}$$

Die Grössen $\frac{i^2 w_1 + v_1}{i\,\delta_1}$ und $\frac{i^2 w + v}{i\,\delta}$ bedeuten jetzt die prozentischen Verluste von Generator und Motor; dieselben betragen bei guten Maschinen 8 bis 15 Prozent und man sieht, dass der Nutzeffekt $\frac{A_1}{A}$ in erster Linie abhängig ist von dem Verhältnisse der beiden Klemmenspannungen δ_1 und δ; d. h. der Nutzeffekt ist um so höher, je mehr sich diese Spannungen einander näheren.

Nun wird der Unterschied dieser Spannungen hervorgerufen durch die Leitung vom Motor zum Generator und es ist dieser Spannungsverlust gegeben durch

$$\delta - \delta_1 = i\,W;$$

wenn W der Widerstand der Leitung ist.

Es wäre dieser Spannungsverlust gleich Null und damit der Nutzeffekt A_1/A gleich Eins wenn $i = 0$ wäre.

Dieser Fall hat aber keine praktische Bedeutung, da ja die geleistete Arbeit proportional mit i ist; es würde also in diesem Falle auch die Nutzarbeit gleich Null sein.

Giebt man jedoch der Formel folgende Gestalt:

$$\frac{\delta_1}{\delta} = \frac{\delta - i\,W}{\delta} = 1 - \frac{i\,W}{\delta}$$

so sieht man, dass auch bei bestimmtem Werte der Stromstärke i der Quotient δ_1/δ und damit der Gesamt-Nutzeffekt A_1/A um so mehr sich der Einheit nähern, je grösser δ genommen wird; je höher also die Klemmenspannung der Primärmaschine gewählt wird.

Mit höherer Spannung wird aber auch die Stromstärke kleiner, die zur Uebertragung einer gewissen Arbeitsmenge erforderlich ist und man wählt daher zur Kraftübertragung Maschinen von möglichst hoher Spannung und sucht ausserdem die Spannungen des Generators und Motors einander bis auf eine gewisse Grenze möglichst zu nähern.

Da hohe Spannungen grosse Umlaufszahlen und vorzügliche Isolation voraussetzen, so ist natürlich durch diese Umstände der Wahl der Primärspannung eine gewisse Grenze gezogen. Der Spannungsverlust in den Leitungen kann innerhalb weiterer Grenzen verändert werden, je nachdem man mehr auf völlige Ausnutzung der vorhandenen Kraft oder auf die durch das Leitungsmaterial erwachsenden Anlagekosten Rücksicht nimmt.

Bei Gleichstrommaschinen wird eine Spannung von 1000 Volt nur in Ausnahmefällen überschritten werden. Legt man diese Zahl zu Grunde und nimmt als Spannungsverlust in der Leitung 10 Prozent an; setzt man ferner die Verluste $\frac{i^2 w + v}{\delta}$ für jede Maschine mit 15 Prozent in Rechnung, so erhält man, da also $\delta = 1000$; $\delta_1 = 900$ wird, als Nutzeffekt der Uebertragung die Zahl:

$$\frac{A_1}{A} = \frac{900}{1000} \cdot \frac{1 - 0{,}15}{1 + 0{,}15} = \frac{900 \,.\, 0{,}85}{1000 \,.\, 1{,}15} = 66{,}5\,\%$$

Wären z. B. 50 PS zu übertragen, so würden nach diesen Angaben von der Generatormaschine $50 \times 736 \times 0{,}85 = 31{,}280$ Watt geliefert werden. — Bei 1000 Volt Spannung entspricht dies einer Stromstärke von 31,3 Ampère. Soll nun der Spannungsverlust in der Leitung 100 Volt betragen, so muss der Widerstand derselben gleich $100/31{,}3 = 3{,}2$ Ohm sein. Beträgt die Entfernung 1000 Meter, so braucht man eine 2000 m lange Leitung und es ist, damit der Widerstand von 3,2 Ohm nicht überschritten wird, ein Kupferdraht von 3,8 mm Durchmesser zu verwenden. Würde man in demselben Beispiel das Güteverhältnis der beiden Maschinen mit 90 Prozent statt mit 85 Prozent angesetzt haben, so erhielte man für die ganze Uebertragung einen Nutzeffekt von 73 Prozent. Würde man die Primärmaschine mit 2000 Volt arbeiten lassen, so ergiebt sich bei demselben

Spannungsverlust von 100 Volt einen Nutzeffekt von 77,8 Prozent und man bedarf blos einen Draht von 2,6 mm Durchmesser für die Leitung.

Bei diesen Ueberlegungen ist vorausgesetzt, dass keinerlei Stromverluste in der Leitung stattfinden, wie sie etwa durch mangelhafte Isolation verursacht werden könnten. Da man sich diesem Zustande durch entsprechende Sorgfalt sehr weit nähern kann, so darf diese Voraussetzung gemacht werden und es sind von dieser Seite her bei genügend sorgfältiger Ausführung keine Abweichungen von der Berechnung zu fürchten.

Anordnung der Leitungen. Zur Führung des Stromes benutzt man in den meisten Fällen Kupferdraht. Auf grössere Entfernungen und ausserhalb der Städte wird derselbe stets oberirdisch und blank geführt. Nur wenn der Verkehr oder die Rücksicht auf die Sicherheit es erfordern, benutzt man isolirten Draht oder greift zu den teueren unterirdisch zu verlegenden Kabeln. Vielfach wird das Kupfer durch die etwas schlechter leitende aber viel festere Siliziumbronze ersetzt.

Wie bekannt, ist der Widerstand der Leitung der Länge direkt, dem Querschnitte umgekehrt proportional. Mit dem Widerstande wächst der Spannungsverlust in der Leitung im gleichen Verhältnisse. Man wird deshalb im allgemeinen bestrebt sein, den Widerstand klein zu machen; doch wird der Vergrösserung des Querschnittes durch die Rücksicht auf die Kosten ein Ziel gesetzt. Wenn die Verhältnisse so liegen, dass die Entfernung sehr gross, die Kraft an der Erzeugungsstelle sehr billig ist, so kann man grössere Spannungsverluste in der Leitung zulassen und wird in solchen Fällen, um an Tragstangen, Isolirglocken u. s. w. zu sparen mit Vorteil Siliziumbronzedraht verwenden, da derselbe viel grössere Spannweiten zulässt als Kupferdraht.

Die oberirdische Führung der Leitungen geschieht allgemein auf Pfählen p (Fig. 275) mit Hilfe von Isolatorglocken nach Art der Telegraphenleitungen. Pfähle und Glocken sind in Bezug auf ihre Stärke dem Querschnitte und Material des Drahtes anzupassen. Besondere Rücksicht ist zu nehmen auf Winddruck sowie auf die Belastung der Drähte durch Schnee und Rauhfrost. Da die Güte der Isolation für den Nutzeffekt der Anlage von besonderer Bedeutung ist, so verwendet man neuerdings häufig sogen. Oelisolatoren, Fig. 275, d. h. Isolatorglocken, deren Rand nach innen aufgebogen ist, so dass die entstehende Rinne r mit einem isolirenden Oel gefüllt werden kann. Mit Hilfe derselben lässt sich eine so vorzügliche Isolation erzielen, dass die von ihr abhängigen Stromverluste nahezu gleich Null sind. Innerhalb der Städte werden zur Fortleitung hochgespannter Ströme auch bei oberirdischen Leitungen häufig isolirte Drähte benutzt, um die durch zufällige Berührung der Drähte entstehenden Gefahren zu vermeiden. Meistens sind aber die Schwierigkeiten, welche aus der oberirdischen Verlegung der mit hochgespanntem Strom gespeisten Leitungen innerhalb der Städte erwachsen so bedeutend, dass man diese Leitungen in den Erdboden verlegen muss.

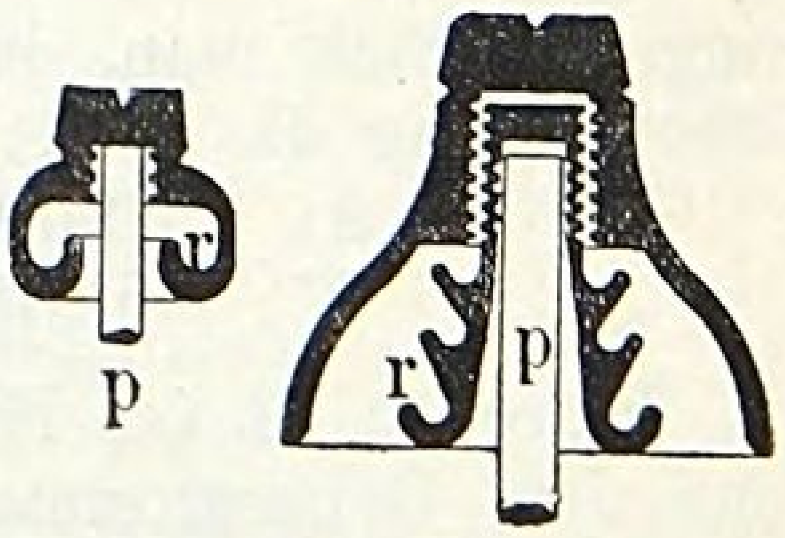


Fig. 275.

Man verwendet hiezu Kabel; d. h. Kupferdrähte, welche mit einer Isolationsmasse umgeben und überdies noch mit weiteren Schutzhüllen aus Jute, Blei, Eisenband etc. versehen sind, so dass die Leitung sowohl gegen

Stromverluste, als auch gegen mechanische Beschädigungen und den Einfluss der Feuchtigkeit etc. gesichert ist. Die Verlegung der Kabel erfordert grosse Sorgfalt und verlangt besondere Erfahrung. Für den Anschluss der einzelnen Stücke, für Abzweigungen etc. sind besondere Hilfsvorrichtungen wie Muffen, Verteilungskasten u. s. w. im Gebrauch.

Die Kabelverbindungsmuffen haben den Zweck, die Verbindungsstellen gegen äussere Einwirkungen zu schützen und zu isoliren. Sie bilden in der Regel gusseiserne Gehäuse aus zwei genau zusammen passenden Teilen, die durch Schrauben verbunden werden und an den zusammengefügten Flächen Einschnitte zum Einlegen der Kabel erhalten. Eine solche Muffe mit abgenommenem Oberteil und drei Ausschnitten zeigt Figur 276. Die Kabel H, H, N sind bei B, mit Dichtungsmaterial umwickelt, in die Ausschnitte gelegt, mittels einer Klemme K verbunden und ausserdem mit Prüfdrähten a a versehen, welche durch die Flanschen c mit den Kabeln leitend vereinigt werden. Die Muffenteile G besitzen an den Berührungsflächen Nuten zur Aufnahme von Dichtungsmaterial (geteerte Stricke, Kautschuk u. s. w.) und 3 Flanschen zur Verbindung mittels 6 Schrauben.

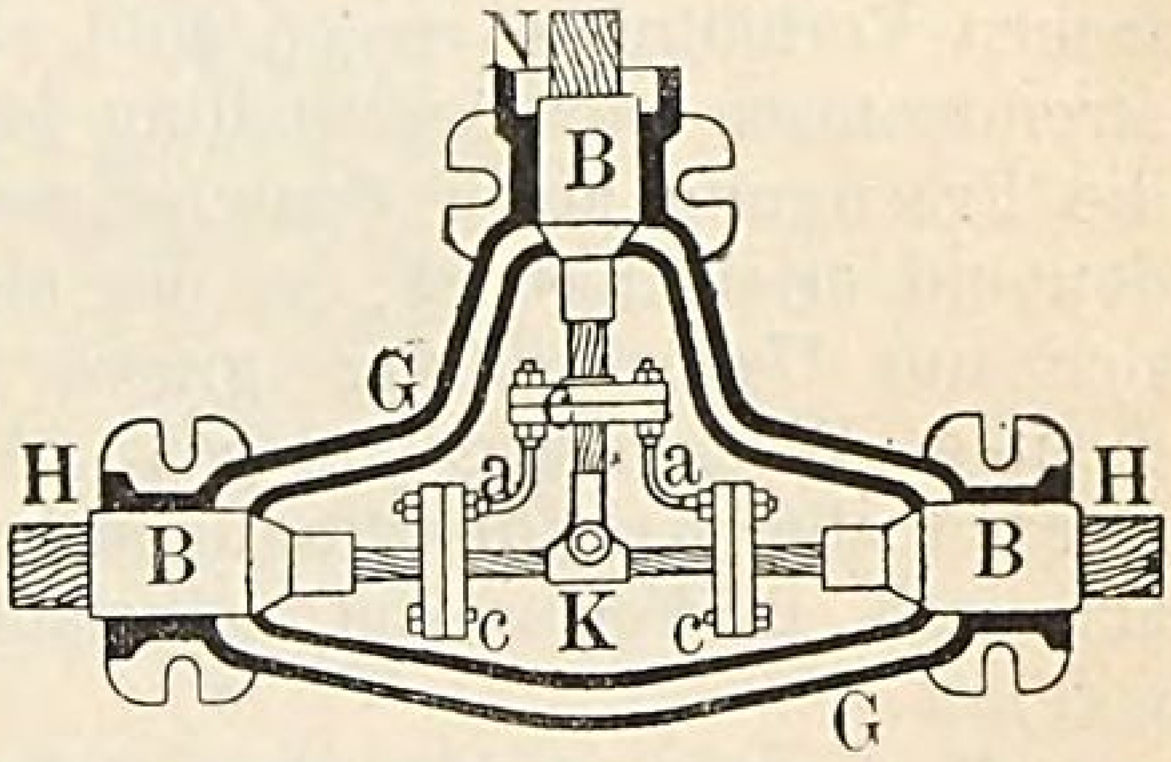


Fig. 276.

Nachdem das Zusammenschrauben beider Teile stattgefunden hat, wird der innere Raum der Muffe durch einen am oberen Teil (Deckel) angebrachten Trichter mit einer Isolirmasse (aus gekochtem Teer, geschmolzenem Asphalt u. dergl.) ausgegossen. Nach denselben Grundsätzen werden die Verteilungskasten hergestellt, welcher die Kabelverbindungen zum Zwecke der Stromverteilung aufnehmen.

Von sonstigen bei der Leitung erforderlichen Nebenapparaten und Hilfseinrichtungen, sind zu erwähnen: Blitzableiter und Bleisicherungen.

Erstere haben den Zweck, die Maschinen und Apparate gegen atmosphärische Entladungen zu sichern, welche namentlich bei blanken oberirdischen Leitungen leicht gefährlich werden können. Diese Blitzschutzapparate bestehen im allgemeinen aus 2 Platten oder Spitzen, die durch einen Luftzwischenraum getrennt sind, so dass die hohe Spannung des Blitzes diesen Zwischenraum überspringen kann; die eine Platte ist mit der Leitung, die andere mit dem Erdboden in Verbindung. Sie werden am besten dort angebracht, wo die blanken Luftleitungen aus dem Freien in das Innere von Gebäuden eingeführt sind. Oft führt man über die ganze Leitung einen eisernen Stacheldraht, der an möglichst vielen Stellen mit guten Erdleitungen versehen wird.

Die Bleisicherungen dienen zum Schutz der Maschinen und Leitungen gegen übermässig starke Ströme, wie sie durch sog. Kurzschluss oder mangelhafte Isolation entstehen können. Man versteht darunter Streifen oder Drähte aus leicht schmelzbarem Metall (Blei, Zinn, Legierungen) von bestimmtem Querschnitte und so bemessen, dass ein Strom, dessen Stärke die gefährliche Grenze überschreitet, den Streifen zum Schmelzen bringt.

Sie werden so in die Leitung eingeschaltet, dass sie stets vom Strom durchflossen werden, und dieser also unterbrochen wird, sobald die Sicherung abschmilzt. Ferner sollen sie an beiden Polen der Leitung angebracht sein und zwar nicht nur unmittelbar an den Maschinen, sondern auch überall, wo eine Abzweigung der Leitung oder ein Uebergang von stärkerem auf schwächeren Drahtquerschnitt stattfindet. Aehnlichem Zweck dienen auch automatische Ausschalter.

Auch die Wechselstromdynamomaschine lässt, wie die Gleichstrommaschine eine Umkehrung ihrer Wirkungsweise zu, das heisst sie kann als Motor benutzt werden, indem man ihr einen Wechselstrom von aussen zuführt und an der Welle mechanische Arbeit abnimmt. Der weniger einfachen Verhältnisse wegen sind aber bis jetzt in selteneren Fällen Wechselstrommotoren zur Anwendung gekommen. Allein da bei dieser Stromart die Erzeugung hoher Spannungen und deren Umformung in geringere bedeutend erleichtert ist, so hat man sie namentlich dort verwendet, wo es sich um Ueberwindung grosser Entfernungen handelt. In erster Linie dienten Wechselstromanlagen zu Beleuchtungszwecken, in neuerer Zeit werden aber Kraftübertragungen sowohl im Anschluss an Beleuchtungsnetze als auch in Form von selbständigen Anlagen mit Wechselströmen ausgeführt.

Man unterscheidet den einfachen Wechselstrom und den mehrphasigen sog. Drehstrom.

W e c h s e l s t r o m m a s c h i n e n. Die einfache Wechselstrommaschine, auf denselben Grundlagen wie die Gleichstrommaschine beruhend, lässt eine grössere Mannigfaltigkeit in der Ausführung zu. Sie besteht aus einem System von Elektromagneten, die durch Gleichstrom erregt werden und aus der Armatur, das heisst einer Anzahl von Drahtspulen, die auf Eisenkernen angeordnet sind. Wenn man beide Teile gegeneinander bewegt, so entsteht in diesen Spulen der Wechselstrom. Es kann auch hier, wie bei den Gleichstromdynamos das Magnetfeld feststehen und die Armatur sich bewegen; vielfach findet man aber auch die umgekehrte Anordnung, es lassen sich sogar Maschinen bauen, bei welchen alle Drahtwindungen festliegen, die induzirenden sowohl wie die induzirten, während der rotirende Teil nur aus einer Scheibe mit passend angeordneten Eisenstücken besteht.

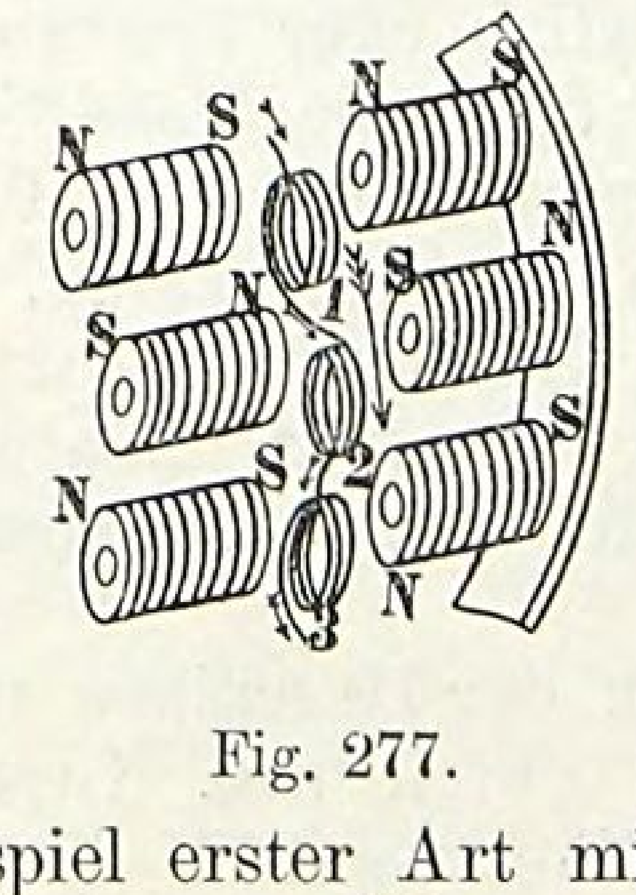


Fig. 277.

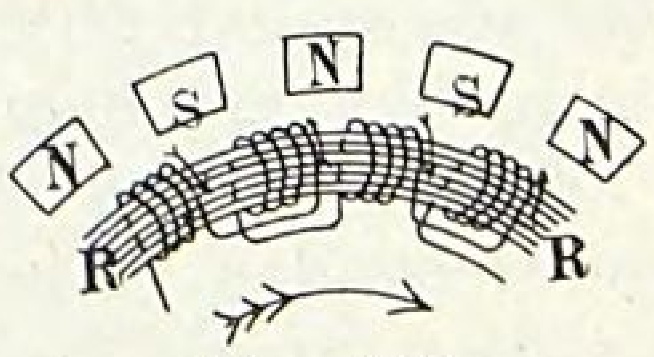


Fig. 278.

Ein Beispiel erster Art mit f e s t e m Magnetfeld findet sich in der typischen Anordnung (S i e m e n s und H a l s k e) Figur 277. Zwei Reihen von Elektromagneten N S, welche an vertikalen Ständern in einer Cylinderfläche verteilt, befestigt sind, bilden das magnetische Feld und werden derart vom Strom durchflossen, dass sie sich mit ungleichnamigen Polen N, S

gegenüberstehen und letztere in den auf einander folgenden Feldern wechseln. Zwischen den zwei Spulenreihen liegt die Armatur in der Gestalt einer Scheibe, welche eine mit der Elektromagnetenzahl gleiche Anzahl flacher Spulen 1, 2, 3 trägt, deren Achsen mit den Achsen der Magnete zusammenfallen und in der Pfeilrichtung vom Strom durchflossen werden.

Auf demselben Prinzip beruht die Maschine Figur 278 (Kapp), bei der ein Gramm'scher Ring R R innerhalb einer Reihe fester im Kreise mit den Polen abwechselnd aufgestellter Magnete N, S, N, S, sich dreht.

Die schematischen Zeichnungen Figur 279 und 280 erklären zwei der gebräuchlichsten Anordnungen von Maschinen mit beweglichen Magnet-

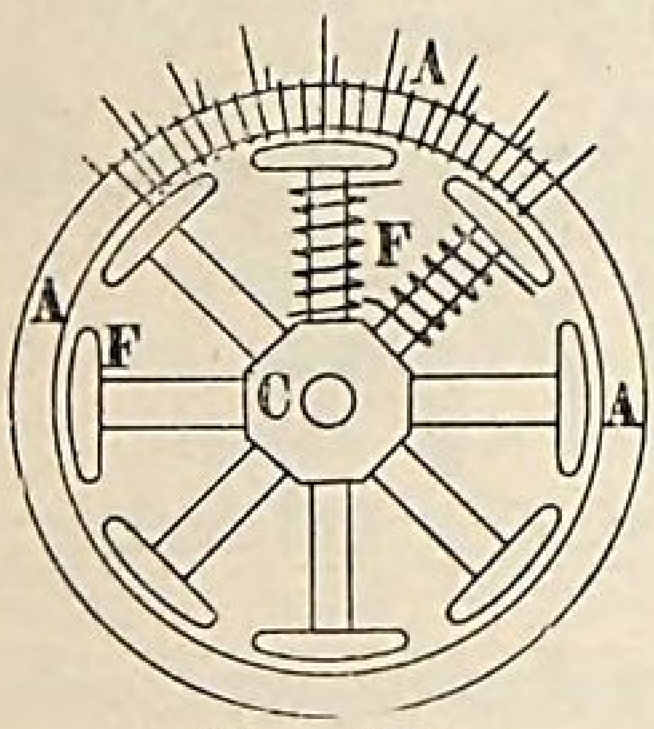


Fig. 279.

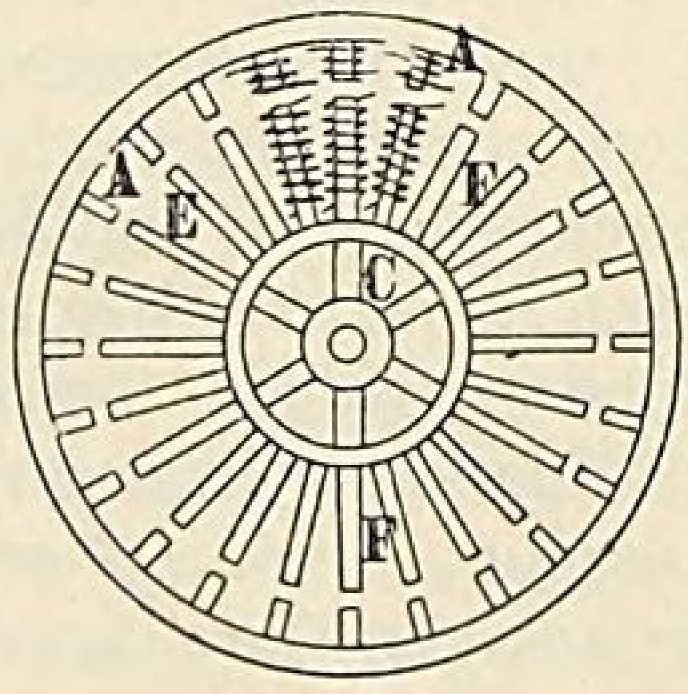


Fig. 280.

polen. In Figur 279 (Gramme) besteht der Feldmagnet aus 8 Spulen F, F, F, die auf der Nabe C festsitzen und mit dieser durch Riemenscheiben in Umdrehung versetzt werden. Dieser Spulenkranz ist von dem festen Ringe A A A umgeben, der in Abteilungen bewickelt ist, deren Anzahl gleich der vierfachen Polzahl ist. — Eine ähnliche Anordnung zeigt Figur 280 (Lontin). Der Feldmagnet besteht aus einer Anzahl (24) radialer Spulen F F auf der Nabe C und läuft innerhalb des festen Kranzes A A, in welchem sich ebenso viele nach innen gerichtete Spulen befinden.

In einer sehr einfachen Ausführungsform kommt dieses Prinzip in der Maschine Figur 281 (Mordey) zur Verwendung. Dieselbe ist zusammengesetzt aus zwei sternförmigen Polkränzen S und N mit je 8 gleichnamigen Polen und einem dazwischen liegenden Cylinder A A (Kern), der mit einer Drahtspule umwickelt ist, welche auf diese Weise die sämtlichen Pole magnetisirt. Kern und Polkränze sitzen auf einer gemeinschaftlichen Achse x und gerathen mit dieser von einer Riemenscheibe in Drehung. In dem engen Zwischenraum zwischen den Polschuhen S, N befindet sich die Armatur, welche aus einem flachen Ringe d d besteht, der aus 16 flachen Spulen gebildet ist, die sich im Kreise aneinander reihen und von dem Ringe zusammen gehalten, unbeweglich zwischen den Polkränzen liegen. Der magnetische Kreis ist durch die geschlossene punktirte Linie a b c angedeutet.

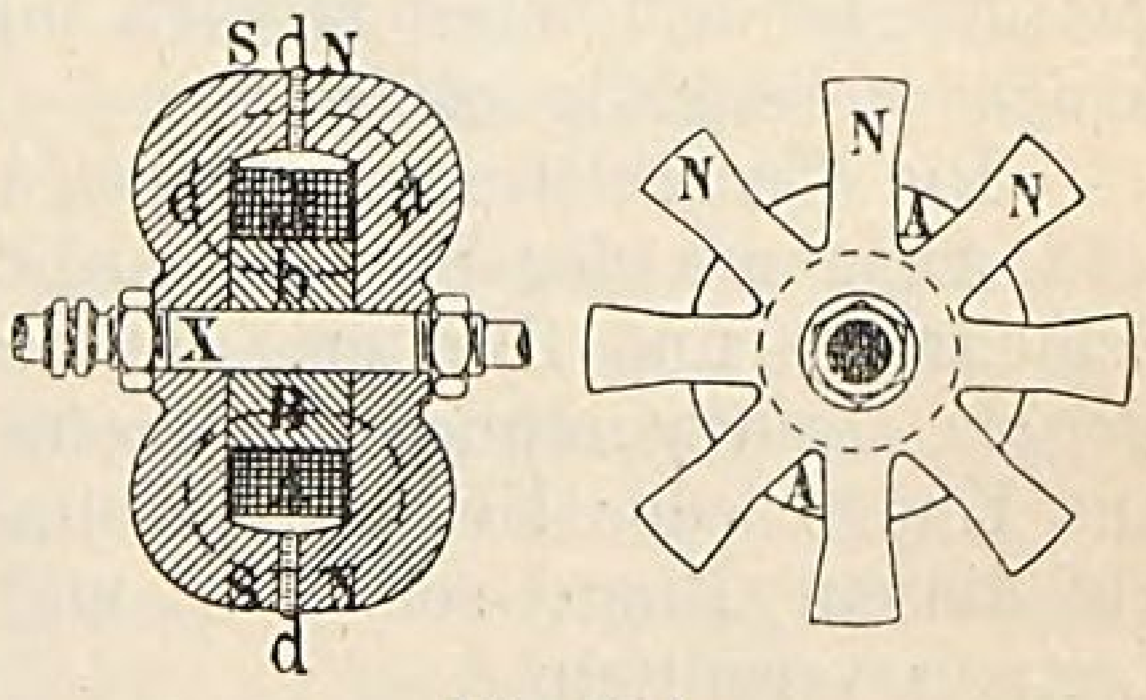


Fig. 281.

Eine in konstruktiver Hinsicht hervorragende und durch einen hohen Wirkungsgrad ausgezeichnete Wechselstrommaschine (Ganz & Comp.) ist durch Figur 282 im Durchschnitte und halb in der Ansicht vor Augen geführt. Auf der Achse C befinden sich 10 Spulen S S und diesen gegen-

über in einem festen Ringgehäuse ebenfalls 10 Induktionsspulen H, H mit wechselnden Polen. Die Kerne K der Spulen S werden hierbei aus V förmigen Blechstücken aus weichem Eisen dadurch hergestellt, dass man die letzteren neben einander zu einem Stern anordnet, auf diesen einen gleichen Stern mit einer isolirenden Zwischenlage legt und in dieser Abwechslung so lange fortfährt, bis die Kerne die gewünschte Dicke erhalten haben, worauf sie mittels zweier starker sternförmiger ausgeschnittener Blechscheiben und durchgesteckter Schraubenbolzen e zu einem festen Ganzen zusammen gehalten und durch starke Schrauben n an zwei auf der Welle C sitzenden Naben befestigt werden. Die Magnetisirungsspiralen dieser Kerne erzeugt man auf einem besonderen viereckigen Dorn von der Grösse dieses Kernes, schiebt sie auf die Kerne und legt sie durch einen

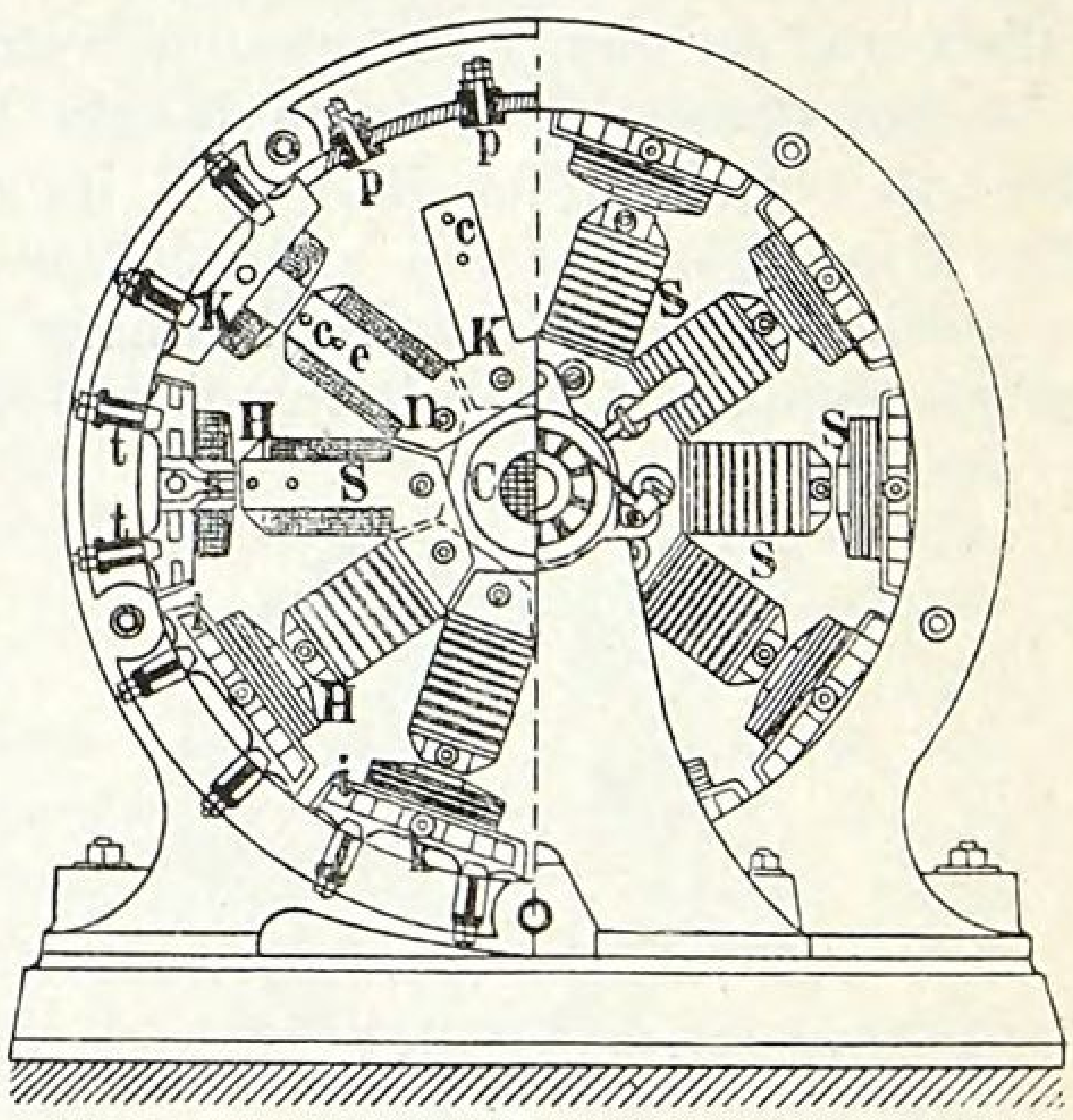


Fig. 282.

aufgeschobenen viereckigen Ring (Spulenhalter) mit Durchsteckbolzen e fest. Die Umdrehung erhält dieses Magnetrad mit der Welle C durch eine Riemenscheibe, welche auf einem Wellenende sitzt, während das andere Wellenende einen Kommutator oder zwei Schleifringe für den Magnetisirstrom aufnimmt. Die die Armatur bildenden Induktionsspulen H besitzen ebenfalls Kerne aus T förmigen Eisenblechstücken, die mittels steifer Scheiben i und Schrauben K zusammengehalten und auf den radial gestellten Schenkeln mit aufgeschobenen Induktionsspulen versehen werden. Zur Befestigung der Armatur an dem Ringgestelle dienen die Schrauben t, t, welche sie zunächst mit einer Traverse verbinden, die dann ihrerseits durch die Schrauben p p mit dem Gestell befestigt wird und zwar gegen dasselbe durch eine Isolirschicht vollständig isolirt.

Die Wechselstrommaschinen haben keinen Kommutator. Die Zuführung und Abnahme des Stromes an den beweglichen Teilen erfolgt durch sog. Schleifringe und Bürsten. Zu dem Zwecke sind die beiden Enden der bewegten Drahtwindung mit je einem auf der Achse isolirt befestigten Ringe aus Kupfer oder Messing verbunden, an den sich Bürsten anlegen, welche auf diesem Ringe schleifen und somit die Verbindung mit der äusseren Leitung vermitteln.

Der erzeugte Wechselstrom verläuft ähnlich einer Sinuslinie (Fig. 284 S. 236); d. h. während einer bestimmten kurzen Zeitperiode nimmt der Strom in einer bestimmten Richtung stetig zu, fällt dann wieder ab, um gleich darauf nach der entgegengesetzten Richtung in ähnlicher Weise zu verlaufen. Dieser Vorgang wiederholt sich fortwährend; die Zahl der Perioden beträgt etwa 6000 in der Minute. Man sieht aus diesem Verlauf, dass in gewissen Momenten die erzeugte elektromotorische Kraft gleich Null ist, d. h. es findet in bestimmten Stellungen überhaupt keine Wechselwirkung zwischen Armatur und Magnetfeld statt. Hieraus folgt, dass umgekehrt, wenn ein Wechselstrom durch die Maschine geschickt und diese so als Motor in Bewegung

gesetzt werden soll, eine Reihe von todten Punkten sich ergiebt, während an allen anderen Stellen eine Zugkraft zwischen dem festen und dem beweglichen Teil wirksam ist. Der Wechselstrommotor wird daher nicht aus allen Stellungen von selbst anlaufen. Eine weitere Überlegung lehrt ferner, dass zwischen seiner Drehungsgeschwindigkeit und der Periode des Wechselstromes eine bestimmte Beziehung bestehen muss; d. h. der Motor läuft synchron mit dem stromliefernden Wechselstromgenerator. Um ihn in Gang zu bringen, muss er durch eine Antriebsmaschine oder von Hand in Bewegung gesetzt werden; erst wenn der Synchronismus eingetreten ist, darf man ihn belasten. Wird die Belastung plötzlich über eine gewisse Grenze erhöht, so fällt er aus dem Takt und bleibt stehen.

Versuche mit einem Wechselstrommotor von Ganz & Co. haben im Jahre 1889 ergeben, dass das Stehenbleiben eintritt, wenn die Überlastung etwa 60% der normalen übersteigt. — Wenn bei übermässiger Belastung der Motor stehen bleibt, so kann leicht ein gefährlich starker Strom die Armatur durchfliessen, so dass die Maschine beschädigt wird; um dies zu vermeiden, verwendet man Bleisicherungen oder automatische Ausschalter, welche den Strom unterbrechen, sobald er eine gewisse Grenze überschreitet, auch kann man elastische Kupplungen zwischen Motor und Arbeitsmaschine anbringen, welche eine übermässige Belastung unmöglich machen.

Ebenso wie der Generator bedarf auch der Wechselstrom-Motor eines Gleichstromes zur Erregung des Magnetfeldes. Derselbe wird entweder aus einem Teil des zugeführten Wechselstromes mit Hilfe eines rotirenden Kommutators erzeugt oder durch eine besondere Erregermaschine geliefert; die letztere kann mit dem Motor direkt gekuppelt sein und ihrerseits durch Akkumulatoren, die sie während des Betriebes mit ladet, zum Anlaufen des Hauptmotors dienen.

Die Wechselstrommaschinen arbeiten gewöhnlich mit Spannungen von etwa 2000 Volt. Wo es sich um Verteilung des Stromes in ein grösseres Netz zum Zwecke der Beleuchtung oder Kraftverteilung handelt, behält man diese hohe Spannung blos zur Überwindung der grösseren Entfernungen bei; — im Verbrauchsgebiete selbst wird dieselbe mit Hilfe der **Transformatoren** in eine niedrigere Spannung bei hoher Stromstärke verwandelt.

Ein solcher Transformator oder **Stromumsetzer** besteht aus zwei von einander getrennten Drahtspulen, die einen gemeinsamen Eisenkern enthalten. Die eine Spule mit zahlreichen Windungen von dünnem Draht wird von dem hochgespannten primären Wechselstrom durchlaufen; dadurch entsteht in der andern Spule aus weniger Windungen eines dicken Drahtes ein induzirter Strom von geringer Spannung und hoher Stromstärke (Sekundärstrom). Der Eisenkern ist meistens so gestaltet, dass geschlossene magnetische Kreise entstehen; er wird in Scheiben zerteilt oder auch aus Eisenband oder Eisendraht gebildet und die Trennungsflächen der durch Papier etc. von einander isolirten Schichten werden so angeordnet, dass die Ströme nur in den Drahtwindungen, nicht aber im Eisenkörper sich bilden können.

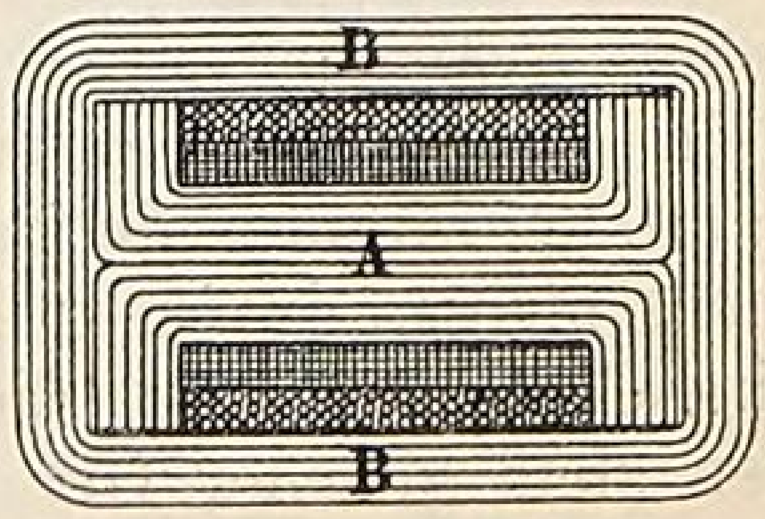


Fig. 283.

Eine bewährte und durch Einfachheit bemerkenswerte Anordnung eines Transformators (**Schuckert**) geht aus Fig. 283 hervor. Der innere Eisenkern A ist aus U förmig gebogenen isolirten

Eisendrähten hergestellt und mit zwei Kupferdrahtwicklungen umgeben, wie sie bei Induktionsapparaten üblich sind. Diese Wicklungen stehen mit der Stromleitung in Verbindung und erhalten eine Umwicklung mit Eisendrähten B in Ebenen parallel zur Spulenachse.

In neuerer Zeit benutzt man Transformatoren auch zu dem umgekehrten Zwecke, um von niedriger auf hohe Spannung überzugehen. Es können dann die Stromerzeugungsmaschinen für niedrige Spannung, daher ohne Rücksicht auf besonders hohe Isolation gebaut werden; dagegen wird dann eine zweimalige Umsetzung in Transformatoren notwendig.

Maschinen und Motoren für mehrphasigen Wechselstrom. Die oben erwähnten Schwierigkeiten, welche der Betrieb von Wechselstrommotoren beim Anlaufen und bei Überlastung darbietet, haben zur Konstruktion von mehrphasigen Wechselstrommotoren (Drehstrommotoren) Veranlassung gegeben. Dieselben beruhen auf der Benutzung von 2 oder mehr Wechselströmen, welche in ihrer Phase gegeneinander verschoben sind; d. h. diese Ströme vollführen ihre Sinusschwingungen in dem nämlichen Takt; aber in dem Moment, wo der eine Strom z. B. sein Maximum erreicht, ist der andere etwa gerade gleich Null; zwei solche Ströme, deren Verlauf durch die Kurven 1, 2 Fig. 284 dargestellt ist, sind dann um 90⁰ in ihrer Phase verschoben. Mit Hilfe von 2 oder mehreren in ihrer Phase verschobenen Wechselströmen kann man ein rotirendes Magnetfeld erzeugen, welches seinerseits im Stande ist, eine Magnetnadel oder einen Eisenkern in eine drehende Bewegung zu versetzen.

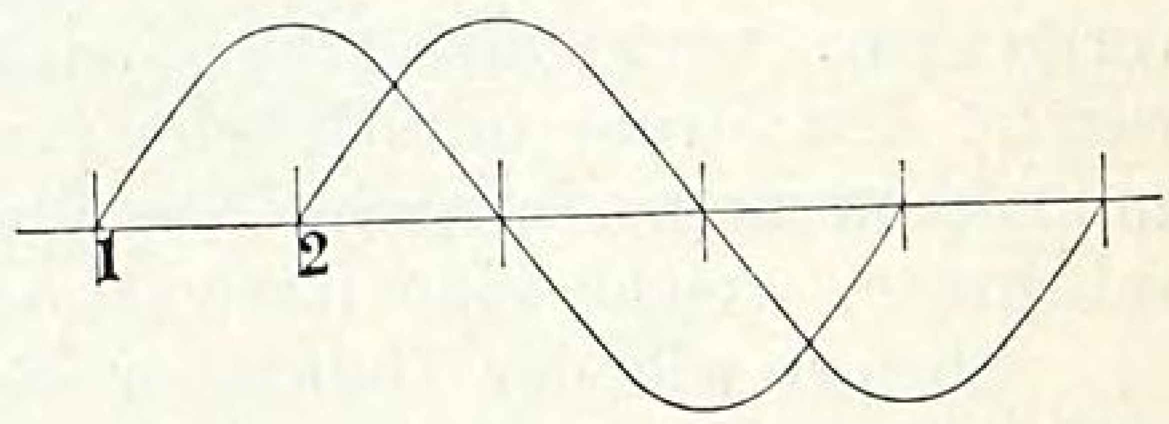


Fig. 284.

Wird nämlich ein Eisenring (Grammescher Ring) mit 2 Drahtspulen 1,2, wie in Fig. 285, umgeben, in welchen ein Wechselstrom verläuft, so entstehen an den Orten 3, 4 abwechselnd Nord- und Südpole und innerhalb des Ringes bildet sich ein magnetisches Feld, welches stets in der Linie 3, 4 wirkt, aber seine Richtung in demselben Takt umkehrt, in welchem der Wechselstrom seine Richtung ändert; die Stärke des Feldes wird regelmässigen Schwankungen unterliegen. Wird ein zweites Spulenpaar in den Punkten 3,4 angebracht, so erzeugt ein in demselben fliessender Wechselstrom für sich ebenso ein magnetisches Feld, das aber in der zu 3,4 senkrechten Linie 1,2 wirksam ist. Die beiden magnetischen Kräfte setzen sich nun wie mechanische Kräfte zu einem resultirenden Felde zusammen; dessen Richtung und Stärke man mit Hilfe des Kräfteparallelogrammes finden kann. Da die zwei Kräfte stets zu einander senkrecht stehen, in ihrer Phase aber um 90⁰ verschoben sind, so dass die eine Null ist, wenn die andere ihr Maximum hat, so muss die Resultante von stets gleicher Grösse sein; ihre Richtung aber wird sich stetig ändern und den gesamten Kreis durchlaufen; wie eine nähere Betrachtung der Fig. 286 ersehen lässt, wo die zwei magnetischen Kräfte durch die Grössen

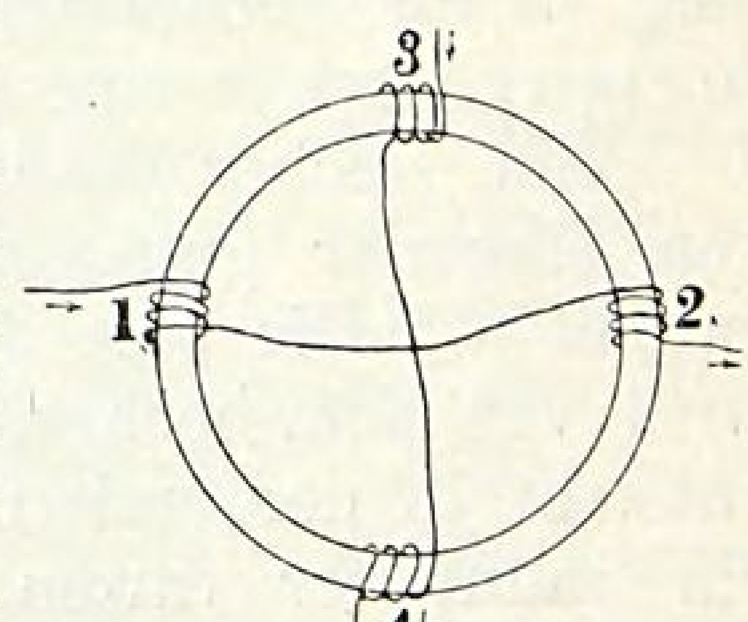


Fig. 285.

X, Y, die Resultante durch R in drei aufeinander folgenden Zeitmomenten dargestellt ist.

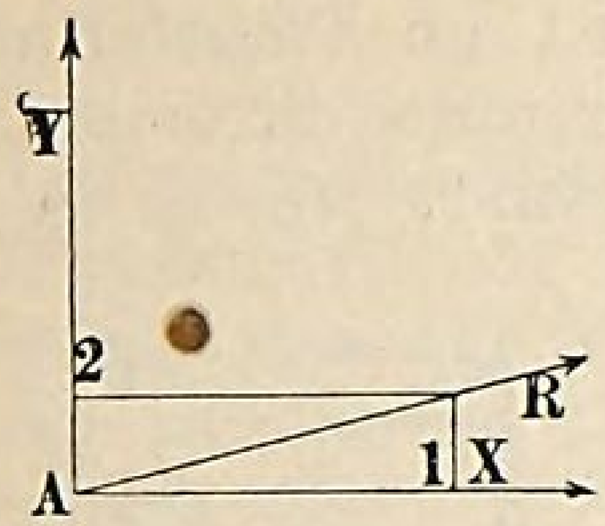


Fig. 286.

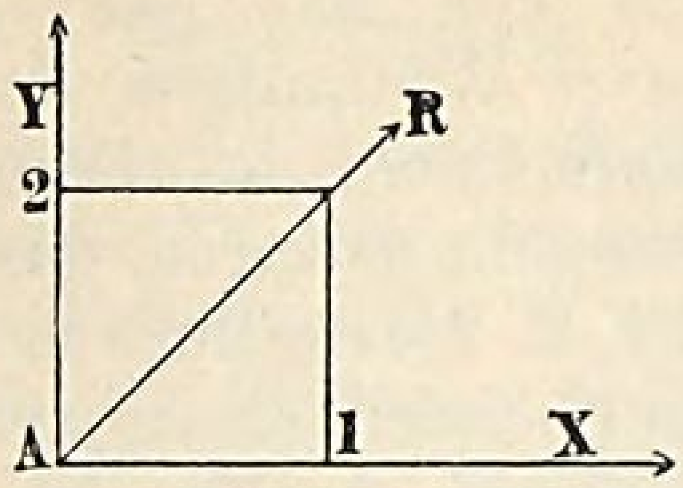


Fig. 287.

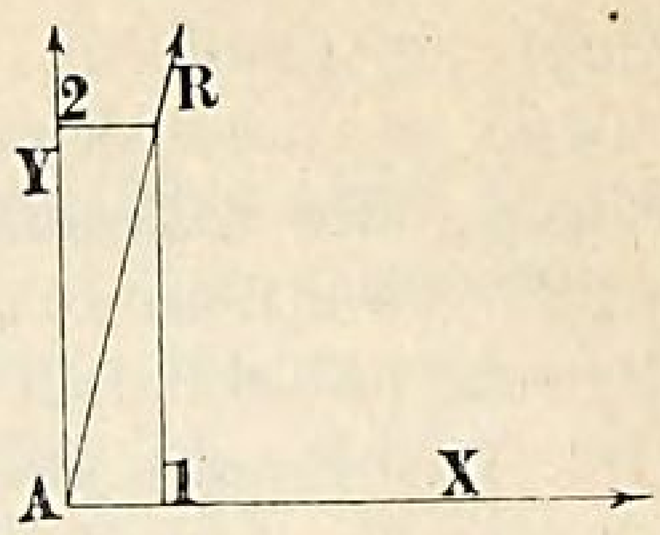


Fig. 288.

Die Wirkung der beiden Ströme auf den Eisenring ist also gerade so, als ob an den Enden eines Durchmessers ein Nord- und ein Südpol vorhanden wäre und dieser Durchmesser mit gleichförmiger Geschwindigkeit um den Mittelpunkt sich drehen würde. Wenn man im Mittelpunkte des Ringes eine auf einer Spitze bewegliche Magnetnadel aufstellt, so wird dieselbe dem rotirenden Pole folgen und eine drehende Bewegung annehmen. Dasselbe geschieht mit einem Eisenkern, der um eine mit dem Ring konzentrische Achse drehbar ist, indem derselbe sich unter dem Einfluss der beiden Wechselströme in Drehbewegung setzt. Die drehende Kraft wird verstärkt, wenn der Eisenkern mit einer in sich geschlossenen Wicklung versehen wird, weil in dieser Ströme induzirt werden, welche dem Kerne einen bestimmten Magnetismus erteilen und damit zur Erhöhung der Zugkraft beitragen. Eine weitere Verbesserung ergiebt sich, wenn statt zwei Ströme drei verwendet werden, die, um ein Drittel ihrer Periode, also um 120°, verschoben sind. Auch lässt sich die Anordnung in der Weise weiter ausbilden, dass den auf dem drehbaren Eisenkörper angebrachten Wicklungen ein mehrphasiger Wechselstrom mit Hilfe von Schleifringen und Bürsten zugeführt wird.

Ein Generator für dreiphasigen Wechselstrom (Örlikon) besteht aus einem rotirenden Elektromagnete von scheibenförmiger Gestalt, welcher eine cylindrische Spule und eine Reihe auf dem Umfange angeordneter Polschuhe besitzt. Derselbe wird umgeben von einem Gerüst aus Eisenscheiben, in welchem die inducirten Windungen in Form von dicken Kupferstäben eingebettet sind. Die Stäbe sind so unter sich verbunden, dass drei aufeinanderfolgende stets drei verschiedenen Stromkreisen angehören, während der 1., 4., 7. u. s. w. zusammenhängen und einen geschlossenen Kreis bilden. An 6 Klemmen werden die drei Wechselströme von der feststehenden Armatur abgenommen. Die Zuführung des besonders erzeugten Erregerstromes zum rotirenden Elektromagnet geschieht mit Hilfe einer Schnur aus feinen Kupferdrähten, die in den Nuten von entsprechenden Metallrollen den Strom aufnimmt und abgiebt.

Eine solche Maschine ist für niedrige Spannung (50 Volt) gebaut, weshalb der Strom in einem eigenen Transformator auf hohe Spannung umgesetzt wird. Behufs besonders guter Isolation sind diese Transformatoren in Öl eingebettet.

Leitung und Verkettung.

In der beschriebenen Erzeugermaschine werden drei von einander unabhängige Wechselströme hervorgerufen, die zu ihrer Fortleitung zunächst sechs Drähte erfordern. Die um 120° verschobenen Ströme haben aber die

Eigenschaft, dass die Summe der Stromstärke von zweien in jedem Augenblicke gleich der des dritten ist; und man benutzt diesen Umstand, um die drei Ströme „verkettet“ mit Hilfe von nur drei Drähten fortzuleiten. Diese Verkettung geschieht zweckmässig nicht in der Maschine, sondern im Transformator und zwar so, dass dessen primäre Windungen drei getrennten Stromkreisen angehören, die sekundären Spulen aber so verbunden sind, wie es in der Figur 289 erkennbar ist; man erreicht dadurch, dass zur Fernleitung nur die drei Drähte 1, 2, 3, erforderlich sind.

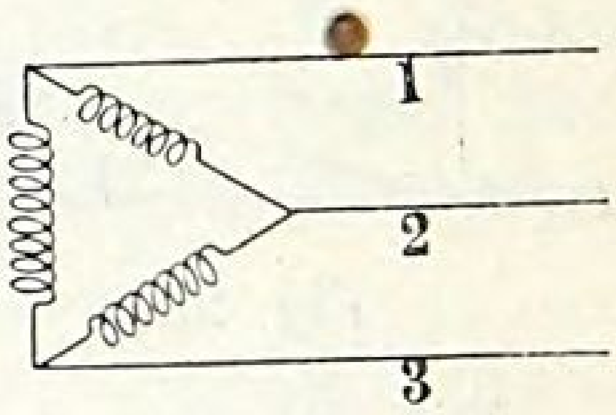


Fig. 289.

Im Verbrauchsgebiete kann durch einen zweiten Transformator der verkettete Strom wieder in drei einzelne Stromkreise aufgelöst werden.

Der Drehstrommotor lässt sich für kleinere Kräfte so bauen, dass der bewegliche Teil lediglich aus der Welle, einer Riemenscheibe und einem auf der Welle festsitzenden Eisenkern besteht; das rotirende Feld wird in einem Cylinder-Ring erzeugt, der feststeht und den rotirenden Kern umschliesst; auf demselben sind die von den Strömen durchflossenen Windungen in drei Abteilungen aufgewickelt.

Bei grösseren Maschinen, z. B. bei einem 20 PS Motor (Brown Fig. 290) besteht der bewegliche Kern aus einem cylindrischen Lamellenring von Eisenscheiben F, die an ihrem äusseren Umfange von starken Kupferstäben durchsetzt sind; letztere stehen unter sich in Verbindung durch zwei Kupferringe, welche die Stirnflächen des Ringes bedecken. Der feststehende äussere Ring R ist ebenfalls aus Eisenscheiben gebildet. An der inneren Peripherie befinden sich die Kupferstäbe, welche bei S so mit einander verbunden sind, dass sie einer Trommelwicklung entsprechen. Der innere Ring ist mittels der Nabe C auf der Welle AB befestigt, die durch die Riemenscheibe T die Arbeit abgiebt.

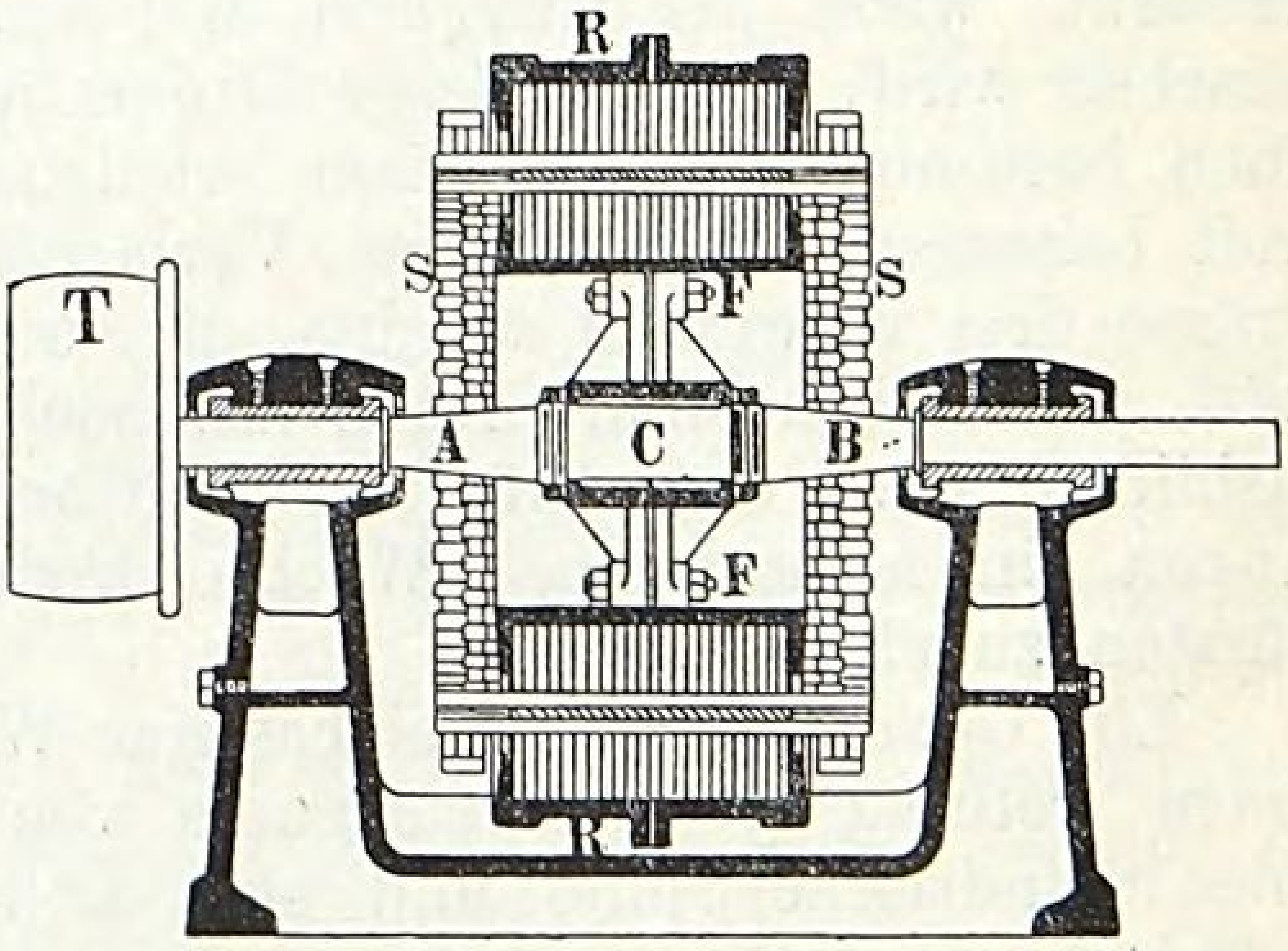


Fig. 290.

Bei einem anderen zweiphasigen Wechselstrommotor (Schuckert) wird der rotirende Magnetismus durch zwei um 90° verschobene Wechselströme in einem beweglichen Flachringe erzeugt, welcher dann unter dem Einfluss der feststehenden, von einem Gleichstrom erregten Elektromagnete in Bewegung kommt und die wirksame Zugkraft als mechanische Arbeit an der Riemenscheibe abgiebt. Die zugehörigen Generatoren sind im Bau vollkommen übereinstimmend. Der Unterschied dieser Maschine gegenüber der Gleichstrommaschine ist so gering, dass sich neben den Schleifringen, welche die beiden Wechselströme der Ringwicklung zuführen, sogar noch der Kommutator der Gleichstrommaschine anbringen lässt. Alsdann kann der Motor, wenn er mit zwei Wechselströmen gespeist wird, zu gleicher Zeit mechanische Arbeit an der Riemenscheibe und Gleichstrom an dem Kommutator abgeben.

Sechster Abschnitt.

Regulatoren.

Die vorteilhafteste Ausnutzung der motorischen Kraft und die ergiebigste Wirksamkeit der Maschinen ist nur zu erreichen, wenn sämtliche zur Bewegung dienende Teile eine bestimmte ihrem Zwecke entsprechende Bewegung sowohl in Richtung als Grösse erhalten, weil von einer solchen Anordnung nicht nur zum Teil das wirtschaftliche Ergebnis, sondern vor allem die Menge und die Güte des Arbeitsproduktes abhängt. Jede Abweichung von den passend befundenen Bewegungsverhältnissen hat Störungen zur Folge, die ihrer Natur und Entstehung nach zwar sehr verschieden und wechselnd, aber niemals von einem günstigen Einfluss auf den Maschinenbetrieb sind. Es ergiebt sich daher die Notwendigkeit, nicht nur die günstigsten Bewegungsverhältnisse der Maschinen und Maschinenteile zu ermitteln und anzuordnen, sondern auch Maassnahmen zu treffen, welche den Bestand dieser Verhältnisse sichern.

Eine vollständige Gleichmässigkeit des Betriebes ist nur zu erreichen, wenn es gelingt, die Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit auszustatten, was wieder voraussetzt, dass in jedem Augenblicke zwischen der Arbeitsfähigkeit der Maschine und den sämtlichen Widerständen Gleichgewicht vorhanden ist. Hieraus erklärt sich das Bestreben vor allem die Bewegungsverhältnisse der Maschinen möglichst gleichförmig in Richtung und Grösse zu gestalten, d. h. Umkehrungen und Geschwindigkeitsänderungen so viel wie möglich zu vermeiden und die ununterbrochene rotirende Bewegung überall zu bevorzugen, weil sie mit gleichbleibender Richtung ausgestattet ist. In solchem Zustande der Gleichmässigkeit wirkt sowohl die motorische Kraft als die Gesamtheit aller Widerstände in unveränderter Weise auf die einzelnen Teile der Maschine ein und schliesst alle Nachteile aus, welche durch den Geschwindigkeitswechsel insbesondere infolge der hierdurch entstehenden Stösse verursacht werden. Somit erhöht zugleich die Gleichmässigkeit der Bewegung die Dauerhaftigkeit der Maschinen und die Regelmässigkeit des Betriebes.

Die Ursachen der Unregelmässigkeiten im Gange der Maschinen liegen stets in der Störung des Gleichgewichtes zwischen der motorischen Kraft und den zu überwindenden Widerständen, indem eine Zunahme der ersten oder eine Abnahme der letzteren eine Beschleunigung und eine Abnahme der ersten oder eine Zunahme der letzteren eine Verzögerung der Geschwindigkeit bewirken muss. — In vielen Fällen macht die Aufgabe der Maschinen einen oft weitgehenden Wechsel in den Bewegungsverhältnissen notwendig z. B. bei Dampfhämmern, Walzwerken, Transportmaschinen und dergl. weil hierbei fortwährende Schwankungen in den Widerständen infolge grösserer oder geringerer Härte des Arbeitsmaterials, kleinerer oder grösserer Belastung u. s. w. die Regel bilden. — Bei zahlreichen Werkmaschinen bedingt dahingegen die Aufgabe als solche zwar keinen derartigen Wechsel, allein auch hier ist ein vollständig regelmässiger Gang deshalb ausgeschlossen, weil es nicht möglich ist die Widerstände unverändert gleich zu erhalten. Nur ist es vielfach erreichbar, die Abweichungen von den mittleren Geschwindigkeitsverhältnissen so zu verändern, dass ihre Einwirkungen auf den Gang ganz ausser Betracht kommen können.

In fast allen Betrieben besteht zwischen den Kraftmaschinen und den Werkmaschinen ein solcher Zusammenhang, dass eine gegenseitige Beeinflussung nicht ausbleiben kann. Begreiflicherweise tritt diese Beeinflussung besonders bei dem Antrieb einer grösseren Anzahl von Werkmaschinen mittels einer gemeinschaftlichen Transmissionswelle ein, welche, von der Kraftmaschine in Bewegung gesetzt, die aufgenommene Triebkraft an die Werkmaschinen überträgt und verteilt. Hier ist es unausbleiblich, dass zeitweilig einzelne Maschinen oder Maschinengruppen ausser Gang gesetzt werden müssen. Dadurch aber vermehrt die von den ausgerückten Maschinen frei gegebene Kraft die Umdrehgeschwindigkeit der Welle und infolgedessen die Geschwindigkeit der anderen Werkmaschinen, wenn nicht die Kraftmaschine zu einer geringeren Kraftentfaltung gezwungen wird. Umgekehrt erfolgt eine Abnahme der Geschwindigkeit in dem Augenblicke, in welchem die ausgerückten Maschinen ihre Thätigkeit wieder aufnehmen. — Dass neben den genannten in den Betriebsverhältnissen begründeten Ursachen der Gleichgewichtsstörungen auch unvorhergesehene Begebenheiten, Bruch eines Maschinenteiles, Abfallen eines Treibriemens und dergleichen von Seite der Werkmaschinen Unregelmässigkeiten herbeiführen, bedarf nur der Andeutung. — Nicht selten gehen diese Störungen auch von den Kraftmaschinen aus, wenn diesen das kraftgebende Medium (Wasser, Dampf etc.) nicht in genügender oder in übermässiger Menge oder Pressung zugeht.

Von weiterer Bedeutung für die Erkenntnis von den Ursachen der Ungleichmässigkeit im Gange der Maschinen sind die in Bewegung gesetzten Massen. Dieselben beeinflussen zunächst nur die Dauer des An- und Endlaufes der Maschinen, die mit der Grösse der in und ausser Bewegung zu setzenden Massen wächst. Während des Beharrungszustandes der Maschine verursachen die Massen nur Störungen in den Bewegungsverhältnissen, wenn sie als Werkzeuge (Walzen, Stampfen, Hämmer, Rammen und dergl.) wirken, indem sie vorübergehend zur Ruhe gelangen, (unregelmässiger Beharrungszustand), oder wenn sie in der Weise angebracht sind, dass ihre Schwerpunktlage in Bezug auf die angreifenden Kräfte nicht dieselbe bleibt (Kurbel).

Aus den Ursachen, welche die Ungleichmässigkeiten der Maschinenbewegungen hervorrufen, lassen sich auch die Mittel ausfindig machen, welche zur Beseitigung derselben geeignet sind, indem sie zwischen Triebkraft und Werkkraft zu jedem Augenblicke das gestörte Gleichgewicht herstellen und zwar entweder durch Regulirung der Geschwindigkeit oder durch Regulirung der Kraft. Diejenigen aus Maschinenteilen oder Mechanismen bestehenden Mittel, welche diesen Zwecken dienen, führen den Namen Regulatoren.

Die für den Zweck der Regulirung in Betracht kommende Kraft ist entweder die motorische Kraft der Kraftmaschinen oder die wirkende Kraft der Werkmaschinen. Da die letztere stets als Widerstand aufzufassen und da die Regulirung der Geschwindigkeit auch mit Hilfe einer Veränderung von Widerständen durchführbar wird, so zerfallen die Regulatoren nach dieser Richtung in zwei Klassen, je nachdem sie als Ausgangspunkt für die Regulirung die motorische Kraft oder die Widerstände nehmen.

Die Widerstände, welche in einer Maschine auftreten, sind zweierlei Art. Entweder bezeichnet man sie als nützliche Widerstände und

fasst damit jene Widerstände zusammen, welche der zu bearbeitende oder zu transportirende Stoff der Bearbeitung oder dem Transporte entgegen setzt und deren Ueberwindung der eigentliche Zweck der Maschine ist. Oder sie heissen schädliche Widerstände insofern sie nur Hindernisse der Bewegung sind und durch Reibung, Seilbiegung, unzweckmässig verteilte oder grosse Massen, Widerstand in Flüssigkeiten (Luft, Wasser) und dergleichen entstehen. — Da nun die schädlichen Widerstände mechanische Arbeit ohne Nutzen für die Aufgabe der Maschinen verbrauchen und daher so viel wie möglich vermieden werden, so ist es begreiflich, dass man von ihnen zum Zwecke der Regulirung thunlichst wenig Gebrauch macht. Man beschränkt sich daher auch fast ganz auf die Anwendung von Bremsen (S. 69) oder in einigen untergeordneten Fällen auf die Anwendung der bekannten Windfänge (Uhrwerke u. s. w.) sowie der Schaufelräder im Wasser (Dampfschiffe) und dergleichen. In der Regel dienen diese Regulatoren ihrer Natur nach zur Verminderung der Geschwindigkeit an Fuhrwerken, Aufzügen, Fördermaschinen u. s. w. durch Hervorbringung von Reibung als Widerstand. — In Bezug auf die Anbringung von Bremsen ist zu bemerken, dass man dazu diejenigen Teile der Maschinen wählt, welche am schnellsten laufen und der Kraftangriffsstelle möglichst nahe liegen, weil dadurch der kleinste Bremsdruck möglich und die Gefahr des Zerbrechens jener zwischen Kraftangriff (Kurbel) und Bremse nicht liegender Teile (Räder etc.) infolge des Bremsens ausgeschlossen wird. — Erwähnung verdient hier eine bei Luft- und Wassermaschinen namentlich Hebewerken vielfach angebrachte Bremsung, welche darin besteht, dass die zum Heben benutzte Flüssigkeit beim Niedergange des Kolbens aus dem Cylinder durch eine stellbare Oeffnung in solcher Menge austritt, dass dies Niedersinken ohne Beschleunigung erfolgt.

Erstes Kapitel.

Gegengewichte und Schwungräder.

Obwohl die bewegten Massen der Maschinen einen Einfluss auf den Gang der letzteren im gleichförmigen Beharrungszustande nicht besitzen, so gewinnen sie um so grössere Bedeutung auf die während jeder Periode eintretenden Geschwindigkeitsänderungen. — Die an der Bewegung teilnehmende Masse M besitzt bei einer Geschwindigkeit v die lebendige Kraft $M \frac{v^2}{2}$ und ein dieser lebendigen Kraft gleichwertiges Arbeitsvermögen $\mathfrak{a}$, so dass

$$M \frac{v^2}{2} = \mathfrak{a}.$$

Sie kann demnach unter Abnahme ihrer Geschwindigkeit eine bestimmte Arbeit verrichten. Andererseits vermehrt sich ihre lebendige Kraft und somit ihr Arbeitsvermögen, wenn ihre Geschwindigkeit wächst. Wird daher den bewegten Maschinenteilen eine bestimmte Masse gegeben oder den Maschinen eine mitbewegte Masse von passender Form eingefügt, so nimmt diese Masse bei beschleunigtem Gange der Maschine eine grössere Geschwindigkeit und somit ein dieser Geschwindigkeitszunahme entsprechendes

Arbeitsvermögen auf. Tritt sodann eine Geschwindigkeitsabnahme ein, so wird das Arbeitsvermögen der bewegten Masse wieder verbraucht, um diese Abnahme auszugleichen. Die in Rede stehenden Massen gleichen demnach Arbeitsbehältern, die abwechselnd Arbeit aufspeichern und Arbeit abgeben. Da bei ihrer Verwendung also gar keine Arbeit verloren geht, so gehören sie zu den vorzüglichsten und gebräuchlichsten Regulatoren, die in den Formen der Gegengewichte, verschiedener schwingender Organe (Balanzier) und rotirender Massen (Schwungräder, Drehpendeln etc.) die Ausgleichung der Bewegungsunregelmässigkeiten bewirken, indem sie nützliche Widerstände hervorbringen.

I. *Gegengewichte.*

Die Gegengewichte bezwecken in erster Linie sowohl bei ununterbrochen rotirenden, als bei schwingenden und geradlinig bewegten Teilen eine Massenausgleichung, um dadurch Bewegungsstörungen zu vermeiden, welche durch unzweckmässig verteilte Massen hervorgerufen werden.

Verfolgt man die drehende Bewegung einer gewöhnlichen Kurbel nach den Gesetzen S. 33, so findet man, dass der Schwerpunkt der Kurbelmasse zu der Drehachse die verschiedensten Lagen annimmt und alle Gleichgewichtszustände durchläuft. Vor allem hat sie das Bestreben, sich in die vertikal abwärts gerichtete Lage zu begeben und zwar selbstverständlich mit beschleunigter Geschwindigkeit, während die Aufwärtsbewegung überhaupt nur nach Überwindung der Schwerkraft möglich ist. Wenn nun bei kleinen Kurbeln der hier zu überwindende Widerstand klein genug ist, um vernachlässigt werden zu können, so wird doch bei grösseren also schweren Kurbeln eine Ausgleichung der Masse vielfach in der Weise vorgenommen, dass der Schwerpunkt der Kurbel in die Drehachse fällt, und indifferentes Gleichgewicht entsteht. Zu dem Zwecke erhält die Kurbel an der dem Arme gegenüberliegenden Seite der Nabe in der Gestalt eines Ansatzes etc. ein Gegengewicht. — Befindet sich neben der Kurbel auf derselben Achse ein Rad oder eine Scheibe befestigt oder sitzt der Kurbelzapfen in einem solchen Rade oder einer solchen Scheibe, so benutzt man diese Teile selbst zur Anbringung der Gegengewichte, indem man sie an der der Kurbel entgegengesetzten Fläche durch Angüsse u. dergl. genügend schwerer macht, z. B. bei den Triebrädern der Lokomotiven, an Pumpen und zahlreichen Werkmaschinen. Eine solche Anordnung zeigt Fig. 291, bei welcher der auf der Kurbelwelle A A sitzende Krummzapfen k durch das in dem Rade S angebrachte Gegengewicht G seine Ausgleichung erhält. — Selbstverständlich fällt bei zwei gleichen auf

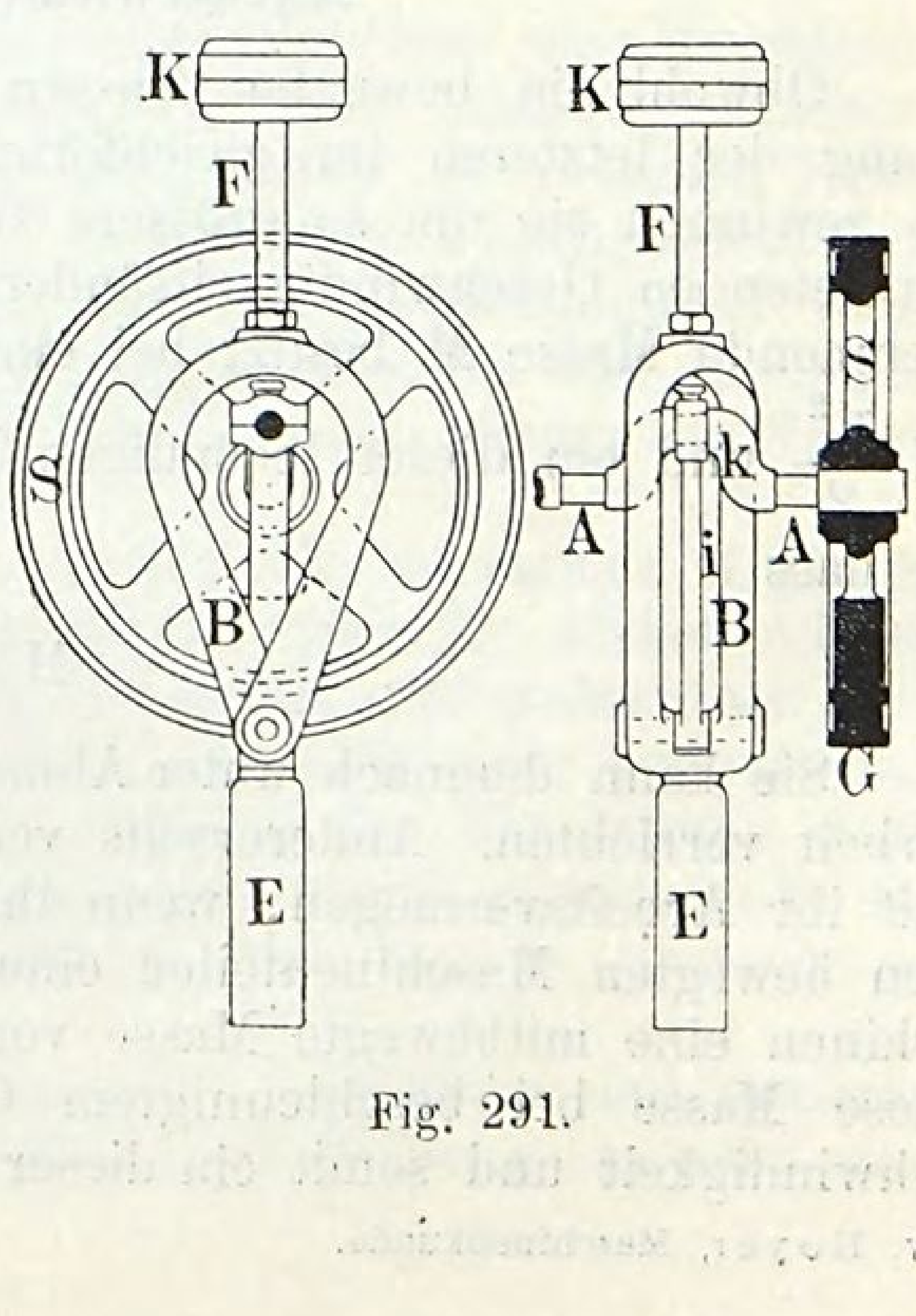


Fig. 291.

derselben Achse sitzenden um 180° versetzten Kurbeln das Gegengewicht fort, weil hier beide Kurbelmassen sich selbst ausgleichen.

Dieselben Gründe, welche die Ausgleichung der Kurbeln fordern, gelten für schwingende Organe: Hebel, Balanzier u. dgl., bei welchen demnach auch nach Möglichkeit durch Massenanbringung und Verteilung dafür gesorgt werden sollte, dass der Schwerpunkt mit der Drehachse oder dem Unterstützungspunkt zusammenfällt. — Es besitzt daher ganz allgemein der Satz Gültigkeit, nach welchem zur Vermeidung ungleichförmiger Bewegung und deren schädlichen Einflusses (durch schnelle Abnutzung, Stösse u. dergl.) auf den Gang der Maschine sämtliche rotirende und schwingende Massen in dem vorerwähnten Sinne ausgeglichen (zentriert) werden müssen.

Auf demselben Grundsatze beruht auch die Anwendung der Gegengewichte bei der Vertikalbewegung von Massen z. B. Lasten. Bringt man diese derart mit Gegengewichten in Verbindung, dass diese steigen, während jene niedergehen und umgekehrt, und misst sie derart ab, dass zwischen denselben in jeder Lage Gleichgewicht vorhanden ist, so bedarf es zur Bewegung derselben nur der Überwindung der sog. passiven Widerstände. Bei dieser Anwendung bewegen sich Last und Gegengewicht stets entgegengesetzt, weshalb ihre Verbindung nur mittels zweiarmiger Hebel oder mittels Seile und Rollen erfolgt. Unter Benutzung dieser Organe lässt sich zugleich auch der oftmals vorhandenen Notwendigkeit Rechnung tragen, das Gegengewicht kleiner oder grösser als die Last anzuordnen, da es hierfür nur darauf ankommt, das Hebellängenverhältnis dementsprechend zu wählen, beziehungsweise zwei Rollen von verhältnisgleichen Durchmessern auf einer Achse anzuwenden. — Bei veränderlicher Last und gleichbleibendem Gegengewichte wird zur Erhaltung des Gleichgewichtes das Seil auf eine konische Trommel (Schneckengetriebe S. 65) geleitet (Spiraltrommel), so dass das Drehmoment bei einer Drehrichtung sich vergrössert, nach der umgekehrten Richtung verkleinert. — Gegengewichte mit Hebeln finden namentlich Anwendung zur Ausgleichung schwerer Gestänge im Bergbau, z. B. an Pumpen, Fördermaschinen u. dgl. (Gegengewichtsbalanzier); Gegengewichte mit Seilen oder Ketten an Rollen sind hauptsächlich in Gebrauch bei Aufzügen zur Ausgleichung der sog. todten Last, d. h. derjenigen Teile, welche sich ohne die eigentliche fortzuschaffende Last zu bewegen haben.

Anstatt der Gegengewichte aus schweren Stoffen kann man in vielen Fällen mit gleichem Erfolge auch den Wasserdruck oder den Luftdruck oder die Federspannung, d. h. Druckwasser oder Druckluft oder sich spannende Federn benutzen, wodurch die sog. hydraulischen und pneumatischen Gegengewichte entstehen, welche in ihrem Wesen derart mit den Akkumulatoren (S. 200) zusammenfallen, dass diese für den vorliegenden Zweck eingerichtet als eine besondere Art von Gegengewichten anzusehen sind.

Die ausgleichende Wirkung der Gegengewichte ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass sie infolge der durch sie erreichten zweckmässigen Massenverteilung Bewegungsunregelmässigkeiten vorbeugen oder dass sie durch Hebung auf eine bestimmte Höhe ein Arbeitsvermögen gewinnen, welches beim Herabsinken die Lastbewegung unterstützt. Ihre Verwendung ist daher besonders zweckmässig bei abwechselnd auf- und niederbewegten Maschinenteilen, bei ruckweise zu hebenden Lasten und dergl. (Pumpen)

sowie endlich bei regelmässig wiederkehrenden sehr veränderlichen Widerständen (Gattersägen) also im allgemeinen bei absetzenden Bewegungen bezw. bei Maschinen mit ungleichförmigem Beharrungszustande.

II. Schwungräder.

Die günstigste und darum auch häufigste Verwendung zur Ausgleichung der Geschwindigkeitsschwankungen findet die Masse mit stetig rotirender Bewegung in der Gestalt von Rädern oder Scheiben, welche die Benennung Schwungräder führen.

Jedes Schwungrad besteht, übereinstimmend mit einem gewöhnlichen Rad (Fig. 86 S. 45) aus einer Nabe, mehreren Speichen oder Armen und einem Kranze, der hier Schwungring genannt wird, weil er die eigentliche Schwungmasse bildet. — Die kleineren Schwungräder werden in der Regel in einem Stücke aus Gusseisen gegossen und zwar mit kreisförmigem oder ovalem Querschnitte der Arme und des Ringes. Grössere Schwungräder werden aus zwei gleichen Teilen durch Zusammenschrauben der grössten aus den einzelnen für sich angefertigten Bestandteile (Nabe, Arme, Ringsegmente) zusammen gesetzt. Am gebräuchlichsten sind die in Figur 292 und 293 gezeichneten Konstruktionen. Die in Figur 292 sichtbare

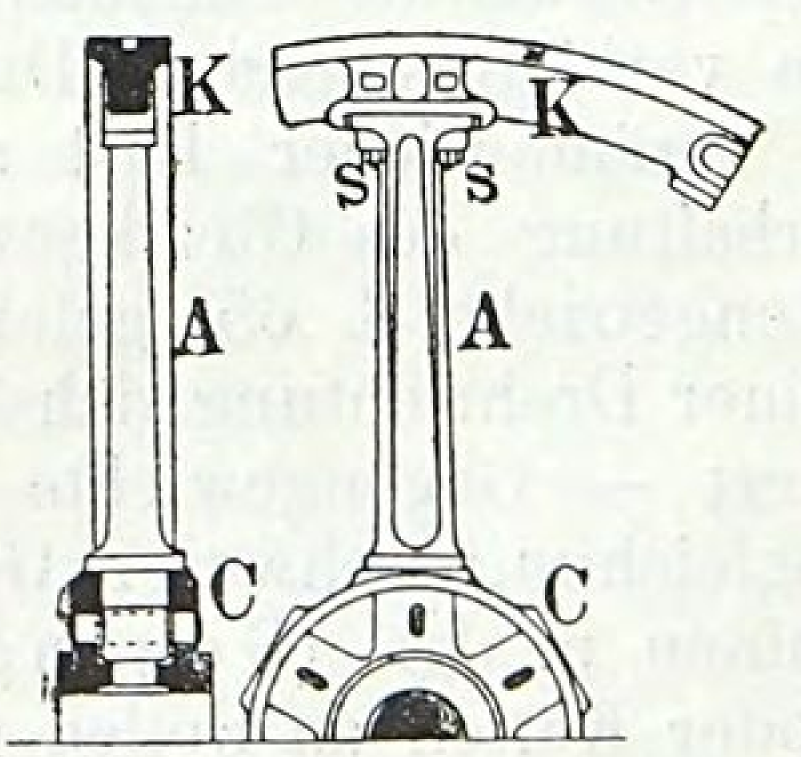


Fig. 292.

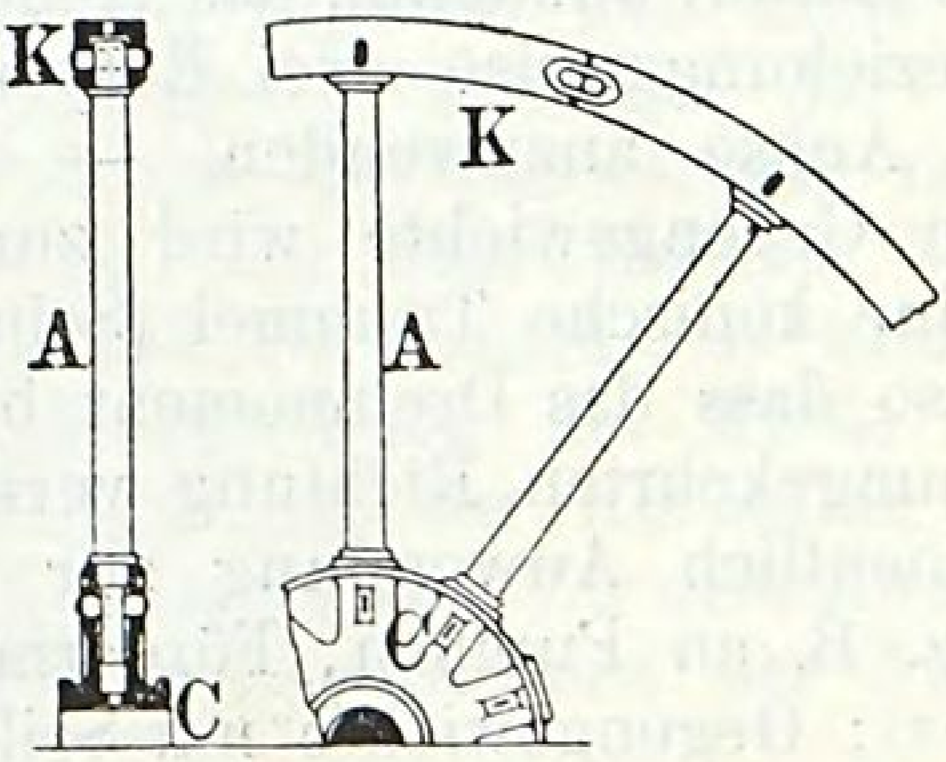


Fig. 293.

Nabe C besteht aus einem Stücke und ist zur Aufnahme der Arme A mit radialen büchsenartigen Durchbrechungen versehen, in welchen die Arme mittels Keilen befestigt werden, während ihre Verbindung mit dem Kranze K durch Schrauben s, s erfolgt. Der Kranz ist aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt, die mittels Schwundringe zusammen gehalten werden. Das in Figur 293 dargestellte Schwungrad unterscheidet sich von dem vorigen wesentlich nur durch runde schmiedeiserne Arme A, die sowohl in der Nabe C als dem Kranze K verkeilt sind. — Die Naben erhalten zur Verstärkung Schwundringe. — Der Schwungraddurchmesser ist im Mittel etwa gleich 5 r (r = Kurbelhalbmesser) aber stets so zu wählen, dass die Oberflächengeschwindigkeit 40 m nicht überschreitet.

Die grosse Gefahr, welche bei den nicht selten sich ereignenden Zertrümmerungen von Schwungrädern (Schwungradexplosionen) entsteht, macht es zur Aufgabe, die grösste Sorgfalt auf den Bau derselben zu verwenden. Vor allem ist dafür Sorge zu tragen, dass alle Teile namentlich auch diejenigen, welche zur Verbindung der Hauptteile dienen, aus pas-

sendem Material hergestellt und so bemessen und angebracht werden, dass ohne Ueberspannung überall gleiche Widerstandsfähigkeit vorhanden ist. Weil aber bei der Herstellung dieser Räder aus Gusseisen selbst bei aller Vorsicht ungleiche Spannungen im Guss mit Sicherheit nicht zu vermeiden sind, so wird in neuerer Zeit vielfach Schmiedeisen als Material namentlich zur Anfertigung des Ringes vorgezogen. Die Schwungräder von Schmiedeisen erhalten statt der Speichen zweckmässig zwei geschlossene flachkegelförmige Wände von Kesselblech, die an den radialen Verbindungsstellen durch Laschen mit Nieten vereinigt werden, die zugleich zum Abstützen dienen. Der Kranz besteht aus Flacheisenstücken, welche, entweder hochkantig oder flachkantig gebogen, in versetzten Stössen zum Ringe zusammengebaut und mit den Wänden verbunden werden. — Neuerdings ist eine Schwungradkonstruktion (M a n n e s m a n n) entstanden, bei welcher die Absicht durchgeführt ist, alle Verbindungen des Schwungringes mit den Teilen zwischen dem Schwungringe und der Nabe zu vermeiden. Zu dem Zwecke wird die Schwungmasse durch Aufwickeln von Stahldraht auf die Nabe mit oder ohne Einschaltung von Zwischengliedern gebildet.

In der Regel erfolgt die Herstellung eines solchen Rades in der durch Figur 294 erläuterten Weise. Die gusseiserne Nabe C ist auf jeder Seite

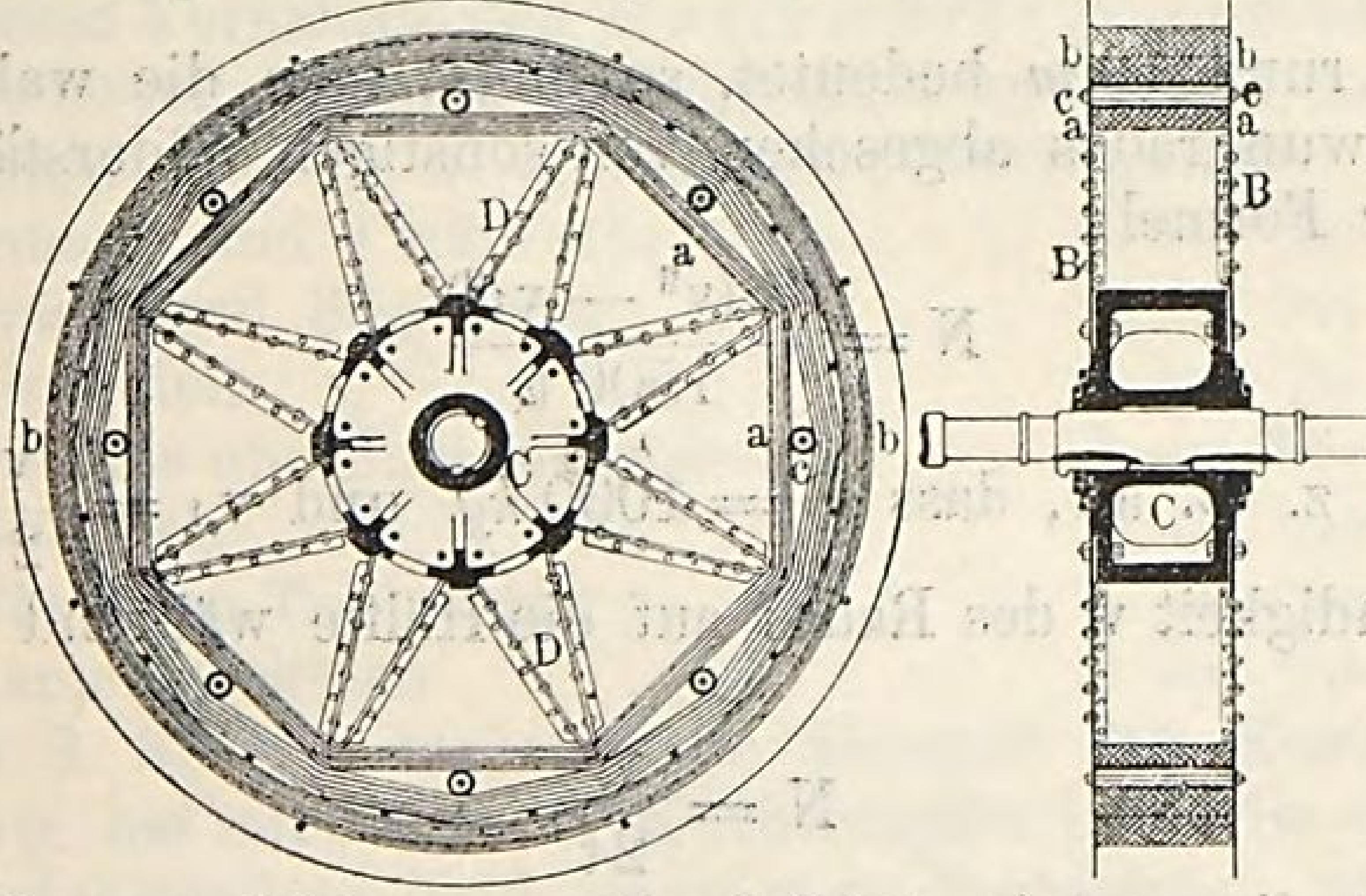


Fig. 294.

mit einer durch Schrauben befestigten Blechscheibe B versehen, zwischen welchen sich sternförmig verteilte, mit den Wänden verschraubte Stützen D befinden. Ueber diese Stützen wird erst unter gehöriger Spannung Stahldraht von 4 *mm* Dicke zu einem Achteck a aufgewickelt. Dann legt man auf die Mitte der Achtecksflächen genügend starke Bolzen c c, wickelt über diese Draht zu einem Sechzehneck und wiederholt die Wicklung zum dritten Male, so dass als äusserer Umfang ein 32eck entsteht. — Während man den gewöhnlichen Schwungrädern keine grössere Geschwindigkeit als 40 *m* in der Sekunde geben darf, kann man bei diesen Drahtschwungringen die Geschwindigkeit auf 100 *m* steigern uud somit die Wirkung ausserordentlich erhöhen.

Bezeichnet man die auf einen Punkt reduzirte Masse eines Schwungrades mit M, die sekundliche Geschwindigkeit der letzteren mit v, so besitzt die Masse die lebendige Kraft $M\frac{v^2}{2}$. Vermindert sich durch Kraft-

abgabe die Geschwindigkeit auf v_1, so hat die bewegte Masse eine Arbeit abgegeben von der Grösse

$$\mathfrak{a}_1 = M \frac{v^2 - v_1^2}{2}$$

In umgekehrter Weise nimmt die Masse die Arbeit $\mathfrak{a}_1$ auf, wenn sich ihre Geschwindigkeit von v_1 auf v vermehrt. Man erkennt hieraus, dass die Wirkung eines Schwungrades im einfachen Verhältnisse zu der Masse und im quadratischen Verhältnisse zur Geschwindigkeit wächst und dass man aus dem Grunde die letztere möglichst gross zu machen sucht.

Soll mittels der Abgabe der Arbeit $\mathfrak{a}_1$ ein Widerstand P durch den Weg s in der Zeit t überwunden werden, so ist also

$$\frac{P s}{t} = \frac{\mathfrak{a}_1}{t} = \frac{M (v^2 - v_1^2}{2 t}$$

Hieraus folgt ferner s : t = c Geschwindigkeit gesetzt, da 75 *mkg* = 1 Pferdestärke N ist, in Pferdestärken ausgedrückt:

$$N = \frac{P c}{75} = \frac{M (v^2 - v_1^2)}{2 . 75 . t}$$

Da nun die Masse M durch das Gewicht G nach der bekannten Beziehung $M = \frac{G}{g}$ zum Ausdruck gelangt in welcher g die Beschleunigung der Schwere mit rund 10 *m* bedeutet, so findet man die wahre zu leistende Arbeit eines Schwungrades abgesehen von sonstigen Widerständen in Pferdestärken nach der Formel:

$$N = \frac{G (v^2 - v_1^2)}{1500 t.}$$

Nimmt man z. B. an, dass G = 1000 *kg* und $v_1 = \frac{v}{2}$ d. h. dass die Umfangsgeschwindigkeit v des Rades auf die Hälfte während der Zeit t sinkt so erhält man

$$N = \frac{v^2}{2 t}$$

als Ausdruck für die auf je 1000 *kg* Kranzgewicht von dem Rad abzugebende Arbeit in Pferdestärken. Beträgt nun ferner z. B. t = 30 Sek. so wird diese Arbeit $\frac{v^2}{60}$ N und

für v = 30 . . . 40 . . . 60 . . . 80 . . . 100
wird N = 15 . . . 27 . . . 60 . . . 107 . . . 166,3

Wird das Kranzgewicht nun u. a. 20,000 *kg* schwer gemacht, so ergeben sich zum Verbrauch:

N = 300 . . . 540 . . . 1200 . . . 2140 . . . 3326

Selbstverständlich kann die Zuführung dieser Arbeit auf viel längere Zeit verteilt werden, so dass der hiezu bestimmte Motor entsprechend kleiner ausfällt. Nimmt man z. B. als Zeit zum Füllen des Schwungrades mit letzter Arbeit 5 Minuten, so genügt dazu der zehnte Teil der Arbeit nämlich

30 . . . 54 . . . 120 . . . 214 . . . 332 Pferdestärken

eines Motors, z. B. einer Dampfmaschine. Eine verhältnismässig kleine Kraftmaschine ist demnach im Stande, in Pausen das Schwungrad mit ent-

sprechend grossem Arbeitsvermögen zu versehen, welches im Bedürfnisfall schnell zur Wirkung gelangen kann.

Es ergiebt sich hieraus zunächst die grosse Bedeutung der Schwungräder für eine schnelle Ueberwindung sehr grosser Widerstände wie sie u. a. bei Metallwalzwerken, bei Prägwerken, Lochmaschinen, Metallscheren etc. auftreten und zum Teil nur auf diese Weise überwunden werden. — Zugleich erkennt man auch die Nützlichkeit derselben für alle Werkmaschinen mit periodisch wirkenden Teilen (Stampfen, Transmissionshämmer etc.) da alle diese Maschinen von einer rotirenden Welle (durch Daumen, Exzenter und dergl.) ihre Bewegung erhalten.

Besonders wirksam müssen sie sich aber erweisen zur Ausgleichung der Unregelmässigkeiten, die zwischen den Widerständen und der Triebkraft aus oben erläuterten Gründen stets auftreten und in den Geschwindigkeitsschwankungen bemerkbar werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ungleichförmigkeit einer Bewegung um so grösser ausfällt, jemehr die grösste v_1 und die kleinste Geschwindigkeit v_2 von der mittleren Geschwindigkeit v abweicht. Der Grad δ der Ungleichförmigkeit findet daher seinen Ausdruck in dem Verhältnisse

$$\delta = \frac{v_1 - v_2}{v}$$

weshalb man dieses Verhältnis den Ungleichförmigkeitskoeffizienten nennt. Derselbe ist naturgemäss sehr verschieden, aber für einzelne Maschinen bestimmt und zwar können u. a. folgende Werte gelten:

für Hammer- und Pochwerke	$\delta = 1/5$
„ Pumpen und Sägegatter	$\delta = 1/20$ bis $1/30$
„ Mahlmühlen	$\delta = 1/25$ „ $1/35$
„ Webstühle und Papiermaschinen . .	$\delta = 1/30$ „ $1/40$
„ Spinnereien	$\delta = 1/40$ „ $1/100$
„ Werkstätten-Triebwerke	$\delta = 1/30$ „ $1/40$
„ Dynamomaschinen	$\delta = 1/150$

Nach dem S. 33 etc. angegebenen Gesetze der Kurbel- und Schubstangenbewegung hat entweder der Kurbelzapfen oder die Schubstange eine abwechselnd beschleunigte und verzögerte Bewegung, so dass in jedem Fall die hier in Betracht kommende bewegte Masse in den Geschwindigkeiten eine bedeutende Unregelmässigkeit aufweist. Zum Ausgleich derselben dient allgemein das Schwungrad, welches gewöhnlich zu dem Zwecke direkt auf der Kurbelwelle angebracht, seltener von dieser aus vermittelst Zahnräder oder Riemen auf einer besonderen Achse in Umdrehung versetzt wird. — Gehört die Kurbelwelle einer Kraftmaschine (Dampfmaschine) an und soll demnach von ihr aus die Übertragung der Triebkraft auf die Transmission oder die Werkmaschinen stattfinden, so wird häufig dazu das Schwungrad benutzt und demgemäss mit einem Schwungring versehen, der als Riemenkranz oder Seilkranz (S. 57), in einzelnen Fällen auch als Zahnkranz (S. 61) ausgebildet ist.

Die Eigenart oder Anlage mancher Maschinen bedingt die absetzende Hin- und Herbewegung der arbeitenden Teile mit Umgehung oder Ausschliessung der Drehung, z. B. Kolben-Pumpen und Gebläse in unmittelbarer Verbindung mit Dampfmaschinen und dergl. Bei solchen Anordnungen vollzieht sich die Bewegung in der Weise, dass sie bei der Geschwindigkeit Null beginnt und aufhört, so dass nach jedem abgegrenzten

Wegstück (Hub) die sofortige Umkehr der ganzen bewegten Masse zu erfolgen hat. Damit diese Umkehr ohne schädigende Stösse stattfindet, ist es notwendig, dass die bewegten Teile mit allmählich zunehmender Geschwindigkeit aus der Ruhe in die Bewegung und mit allmählich abnehmender Geschwindigkeit aus der Bewegung zur Ruhe gelangen, sich also bewegen, wie die hin- und hergehende Masse an der Kurbel, wenn letztere eine gleichförmige Drehgeschwindigkeit besitzt und durch eine sehr lange Schubstange mit der Masse in Verbindung steht. Dieser Bewegungszustand lässt sich daher in einfachster Weise durch Einschiebung eines Kurbelmechanismus mit Schwungrad auf der Kurbelwelle einrichten. Dazu benutzt man vielfach die Kurbelschleife Figur 81 Seite 43 indem man die Achse A mit einem Schwungrad versieht, oder die Anordnung Figur 74 Seite 39 mit einem Schwungrad S auf der Kurbelwelle A. Beide Mechanismen werden in der Regel zwischen der Kraft- und Werkmaschine mit den Stangen E und E_1 vereinigt. In vielen Fällen jedoch erhält das Schwungrad mit der Welle seine Aufstellung am anderen Ende der Kraftmaschine und seine Verbindung mit der verlängerten Kolbenstange durch eine Schubstange mit Kreuzkopf und Führung.

Sind Maschinen ihrer Natur nach mit drehenden Massen versehen, z. B. gewöhnliche Wasserräder, so bedürfen dieselben zur Ausgleichung ihrer Geschwindigkeitsschwankungen überhaupt keiner besonderen Massenanordnung, weil entweder die drehenden Massen an und für sich zur Ausgleichung ausreichen oder daraufhin leicht durch Massenvermehrung und Verteilung konstruirt werden können.

Zweites Kapitel.

Regulatoren.

Die durch Reibung oder Massenbewegung zur Wirkung kommenden Regulatoren, Bremsen, Gegengewichte und Schwungräder beruhen auf dem Grundsatze: durch Herbeiführung von Widerständen oder durch Aufnahme und Abgabe von Arbeitsvermögen einen gleichmässigen Gang der Maschine zu erhalten, und haben demnach nur einen mittelbaren Einfluss auf die Zuführung der motorischen Kraft. Diesen Regulatoren stehen solche zur Seite, welche die Bestimmung haben, unmittelbar den Zufluss der motorischen Kraft (Dampf, Druckwasser, Druckluft, Leuchtgas etc.) der zu leistenden Arbeit selbstthätig derart anzupassen, dass er sich mit dieser vermehrt oder vermindert, also bei jeder Geschwindigkeitsabnahme vergrössert, bei jeder Geschwindigkeitszunahme verkleinert. Man nennt dieselben R e g u l a t o r e n im engeren Sinne oder kurz R e g u l a t o r e n.

Das Wesen dieser Regulatoren besteht darin, dass gewisse Teile derselben, von der Maschine in Bewegung gesetzt, den Geschwindigkeits- oder Widerstandsänderungen der letzteren folgen und diesen Änderungen entsprechend mittels besonderer Übertragungsteile die Organe einstellen, welche auf die Kraftzuströmung einwirken. Wegen ihres unmittelbaren Zusammenhanges mit der Geschwindigkeit und dem Widerstande der Maschine hat man sie G e s c h w i n d i g k e i t s r e g u l a t o r e n und d y n a m o m e t r i s c h e R e g u l a t o r e n genannt.

I. *Geschwindigkeitsregulatoren.*

Die Geschwindigkeitsregulatoren (tachometrische Regulatoren) bilden die Regel und treten in einer grossen Zahl von Konstruktionen auf, die jedoch nur drei Klassen bilden:

1. Zentrifugalregulatoren, bei welchen die von der Maschinengeschwindigkeit abhängig gemachte Zentrifugalkraft benutzt wird.

2. Differentialregulatoren, welche infolge einer Differenz zwischen der veränderlichen Geschwindigkeit der Maschine und einer künstlich hervorgebrachten gleichbleibenden Geschwindigkeit zur Wirkung gelangen.

3. Widerstandsregulatoren, die auf der Erzeugung eines mit der Geschwindigkeit sich ändernden Widerstandes beruhen.

Zur Bethätigung der Regulirung sind diese Regulatoren aus drei Hauptteilen zusammengesetzt:

a) dem Tachometer, welcher die Geschwindigkeitsänderungen empfängt,
b) dem Stellzeuge, das sie fortpflanzt,
c) dem Regulirorgan, welches unmittelbar den Zutritt der motorischen Kraft regelt.

Naturgemäss nimmt jeder Regulator bei dem normalen Gange der Maschine eine bestimmte Stellung oder Lage ein. Jede Abweichung von dem normalen Gange ruft eine Veränderung in der Stellung des Regulators hervor und durch diesen an dem Regulirorgan, wenn dieses mit dem anderen unmittelbar verbunden ist. Bei dieser Übertragung findet ein fortwährender Wechsel in dem Kraftzufluss, also zwischen Beschleunigung und Verzögerung der Maschine statt, wodurch die Festhaltung eines normalen Ganges ausgeschlossen, vielmehr ein unruhiger Gang der Maschine zwischen gewissen Grenzen herbeigeführt wird.

Trifft man dahingegen die Einrichtung, dass die Wirkung des Regulators auf die Kräftezufuhrorgane während des normalen Ganges der Maschine ausfällt, indem hierbei die Verbindung zwischen dem Regulator und dem genannten Organ ausgelöst wird, so tritt eine Lagenänderung des letzteren auch nur durch den Regulator ein, wenn eine Abweichung von dem normalen Gange erfolgt ist. Hiernach lassen sich die Regulatoren als stetig oder ununterbrochen und als periodisch oder unterbrochen (intermittirend) wirkende unterscheiden.

Die Regulirung kann nur durch ein passendes Zusammenwirken des Tachometers mit dem Stellzeuge erfolgen, so dass die Verbindung dieser beiden Teile von wesentlicher Bedeutung für das zweckmässige Eingreifen des Regulators in den Gang der Maschine ist. Empfängt das Stellzeug seine Bewegung ausschliesslich und unmittelbar von dem Tachometer, so nennt man den Regulator direkt wirkend. Fordert jedoch die Bewegung des Stellzeuges und des Regulirorgans, wegen der beträchtlichen Widerstände, Kräfte, welche das Tachometer nicht auszuüben vermag, so ist eine Einschaltung besonderer Kraftmittel notwendig. In diesem Fall dient das Tachometer nur dazu, die Thätigkeit dieser Kraftmittel hervorzurufen, weshalb die hiermit ausgestatteten Regulatoren indirekt wirkend heissen. — Als Kraftmittel stehen vielfach gespannter Dampf, Druckwasser, eine endlose Schraube oder auch für den genannten Zweck besonders angetriebene Organe (Welle) in Gebrauch, die auf die regulirenden Teile (Expansionsschieber bei Dampfmaschinen, Schützen und Schieber bei

Wasserkraftmaschinen u. dergl.) mittels entsprechender Übertragungsorgane einwirken. — Mitunter werden indirekt und direkt wirkende Regulatoren zu sog. gemischt wirkenden vereinigt.

Teilt man die Geschwindigkeitsregulatoren nach den genannten Eigentümlichkeiten und deren Zusammenstellungen ein, so ergeben sich folgende vier Klassen:

1. direkt stetig wirkende,
2. direkt periodisch wirkende,
3. indirekt stetig wirkende,
4. indirekt periodisch wirkende.

A. Zentrifugalregulatoren.

Das Wesen eines Zentrifugalregulators liegt in der Wirkung einer in Drehung versetzten Masse, welche der Zentrifugalkraft folgen kann und damit die Befähigung erhält, ein Stellzeug in Thätigkeit zu setzen. Die genannte Masse hat in der Regel die Form von Kugeln (Schwungkugeln), die mittels Arme an einer Welle (Regulatorwelle) derart aufgehängt sind, dass sie sich mit dieser im Kreise herumdrehen, dabei sich je nach der Drehgeschwindigkeit, mehr oder weniger von der Drehachse entfernen (ausschlagen, ausschwingen) und durch eine Gelenkverbindung einen auf der Welle verschiebbaren Teil (Hülse) verstellen, dessen Verschiebung mittels Stellzeug den Verschlussorganen (Klappe, Ventil, Schieber, Schützen u. dgl.) übermittelt wird. — Zur Vermeidung einseitiger Wirkung wird eine Ausgleichung der Schwungmasse dadurch hervorgerufen, dass man mindestens zwei, mitunter vier Kugeln gleichmässig im Kreise verteilt, also in symmetrischer Anordnung anwendet.

Die Grundlage der verschiedenen Zentrifugalregulatoren bildet demnach das Zentrifugalpendel Fig. 295. Die Schwungkugel B ist an dem Arm A B befestigt, der bei A gelenkartig mit der Welle w w verbunden ist und in C die Stange C D aufnimmt, welche bei D an der Hülse angreift. Bezeichnet man mit G das Kugelgewicht, mit F die Fliehkraft, mit w die Winkelgeschwindigkeit der Welle, mit r den Abstand der Kugelmitte von der Welle, mit α den Ausschlagwinkel und mit $g = 9{,}81\,m$ die Beschleunigung des freien Falles, so ist nach den Gesetzen der Zentrifugalwirkung unter Vernachlässigung der Stangengewichte:

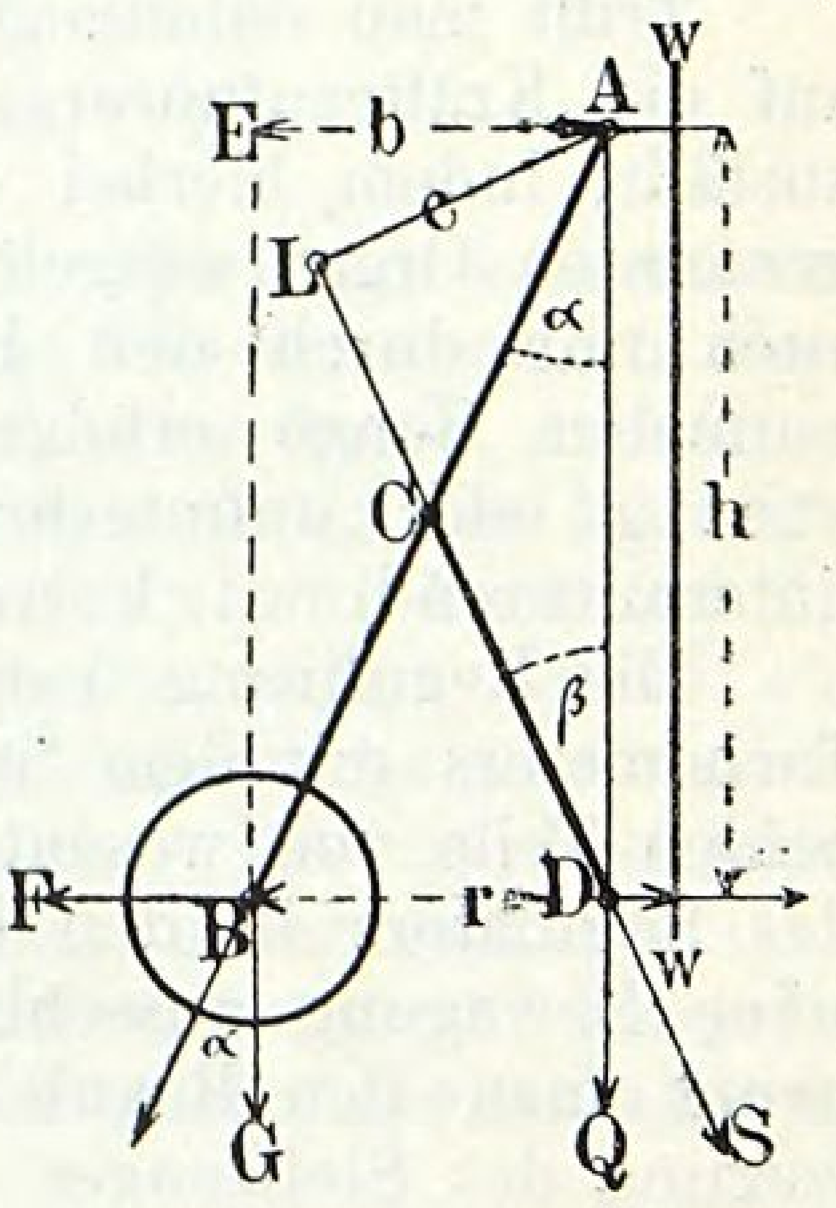


Fig. 295.

$$F = \frac{G}{g} r w^2$$

Ist ferner h der vertikale Abstand B E der Kugelmitte von dem Aufhängepunkt A (Reguiatorhöhe) und b der horizontale Abstand E A und bezeichnet man A B mit l; A C mit l_1, so ergiebt sich in Bezug auf die Gleichgewichtslage zu dem Aufhängepunkt A für ein freies Pendel d. h. zunächst ohne Rücksicht auf die Hülse die Gleichung:

$$F h = G b \text{ oder } \frac{G}{g} r w^2 h = G l \sin \alpha.$$

Demnach ist Gleichgewicht vorhanden, wenn

$$w = \sqrt{\frac{l \sin \alpha \, g}{r h}}$$

Fällt der Aufhängepunkt A in die Drehachse, so wird

$$r = b = l \sin \alpha \text{ und } w = \sqrt{\frac{g}{h}}$$

Unter der Voraussetzung also, dass Hülse und Stangen gewichts- und widerstandslos sind, würde die geringste Änderung der Winkelgeschwindigkeit auch sofort eine Verschiebung der Hülse nach sich ziehen. In Wirklichkeit trifft eine solche Voraussetzung jedoch nicht zu, da die Hülse nicht nur ein Gewicht besitzt, sondern auch sämtliche von dem Regulirorgan entspringenden Widerstände zu überwinden hat. Ist Q diese Gesamtbelastung, β der Winkel, unter dem die Stange C D gegen die Welle geneigt ist, und S der von der Stange C D aufzunehmende Zug zur Überwindung von Q, so ist S c ein ebenfalls auf A bezogenes Moment und die allgemeine Gleichgewichtsgleichung:

$$F h = G b + S c$$

$$\text{oder } \frac{G}{g} r w^2 l \cos \alpha = G l \sin \alpha + S c$$

Nun ist aber $S = \frac{Q}{\cos \beta}$ und $c = A C \sin (\alpha + \beta) = l_1 \sin (\alpha + \beta)$

$$\text{mithin } S c = \frac{Q}{\cos \beta} l_1 \sin (\alpha + \beta)$$

$$\text{und } \frac{w^2 r}{g} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} + \frac{Q}{G} \frac{l_1}{l} \left(\frac{\sin (\alpha + \beta)}{\cos \alpha}\right)$$

$$\text{oder } \frac{w^2 r}{g} = t g \alpha + \frac{Q}{G} \frac{l_1}{l} (t g \alpha + t g \beta)$$

Der Einfachheit wegen wählt man bei der Ausführung eines Zentrifugalregulators aus zwei symmetrisch aufgehängten Pendeln die Abstände so, dass $A C = C D = C B = \frac{1}{2} l$ und $\alpha = \beta$ wird (sog. rhombische Aufhängung). Dann ergiebt sich:

$$\frac{w^2 r}{g} = tg \alpha + \frac{Q}{G} \cdot \frac{l_1}{l} 2 \, tg \alpha$$

$$\text{oder } \frac{w^2 r}{g} = tg \alpha \left(1 + \frac{2 l_1}{l} \frac{Q}{G}\right)$$

$$\text{also } w^2 = \frac{g}{r} \left(tg \alpha + \frac{2 l_1}{l} \frac{Q}{G}\right)$$

Da ferner unter diesen Umständen $\frac{h}{r} = tg \alpha$ ist, so entsteht:

$$w^2 = \frac{g}{h} \left(1 + \frac{2 l_1}{l} \frac{Q}{G}\right)$$

und ganz allgemein:

$$w = \sqrt{\frac{g}{h} \left(1 + \frac{2 l_1}{l} \cdot \frac{Q}{G}\right)}$$

In dem besonderen Fall, in welchem $2\,Q = G$ ist, wird

$$w = \sqrt{\frac{g}{h}\left(1 + \frac{l_1}{l}\right)}$$

und liegt die Kugel im Gelenkpunkt C, so dass $l = l_1$ wird, so ergiebt sich

$$w = \sqrt{\frac{2\,g}{h}}$$

Aus den angeführten Beziehungen geht hervor, dass die Geschwindigkeit w den Ausschlag des Armes und die Winkel α und β bedingt, da diese mit w wachsen und abnehmen. Demnach entspricht einem bestimmten Ausschlagwinkel eine bestimmte Geschwindigkeit, d. h. zu einer bestimmten Lage der Arme gehört eine bestimmte Gleichgewichtsgeschwindigkeit. Regulatoren nach dieser Anordnung heissen statische. Bei diesen giebt es für die dem Normalgange der Maschine angehörende Geschwindigkeit nur eine einzige Lage der Kugelarme. Der sog. astatische Regulator dahingegen hat in allen Stellungen dieselbe Gleichgewichtsgeschwindigkeit.

Bei jeder Lagenänderung der Schwungkugeln und des damit verbundenen Stellzeuges infolge einer Abweichung von der mittleren Geschwindigkeit w sind natürlich Widerstände zu überwinden. Je nachdem ein Regulator nun im Stande ist, solche Widerstände schnell und leicht oder langsam und schwer zu überwinden, spricht man von einer Unempfindlichkeit und einem Unempfindlichkeitsgrade desselben. Als Maass des letzteren gilt diejenige Zunahme und Abnahme der Geschwindigkeit, welche eintritt, bevor sich die genannte Lagenänderung vollzieht. Bezeichnet man die Geschwindigkeit, bis zu welcher w zu dem Zwecke wachsen muss mit w_1 und diejenige, bis zu welcher dieselbe abzunehmen hat mit w_2, so ist der Quotient

$$\varepsilon = \frac{w_1 - w_2}{w}$$

der Unempfindlichkeitsgrad des Regulators, dessen Verwandtschaft mit dem Ungleichförmigkeitsgrad der Schwungräder (S. 247) sofort erkennbar ist. — Der Unempfindlichkeitsgrad ist den verschiedenen Zwecken des Regulators entsprechend zu wählen auf Grund der Thatsache, dass sehr empfindliche Regulatoren auch in kleinen Zeitzwischenräumen Lagenänderungen und leicht einen unruhigen Gang der Maschine hervorrufen, und dass derselbe mit dem Bewegungswiderstand wächst und fällt. Für gewöhnliche Fälle kann $\varepsilon = 0{,}04$ bis $0{,}05$ angenommen werden.

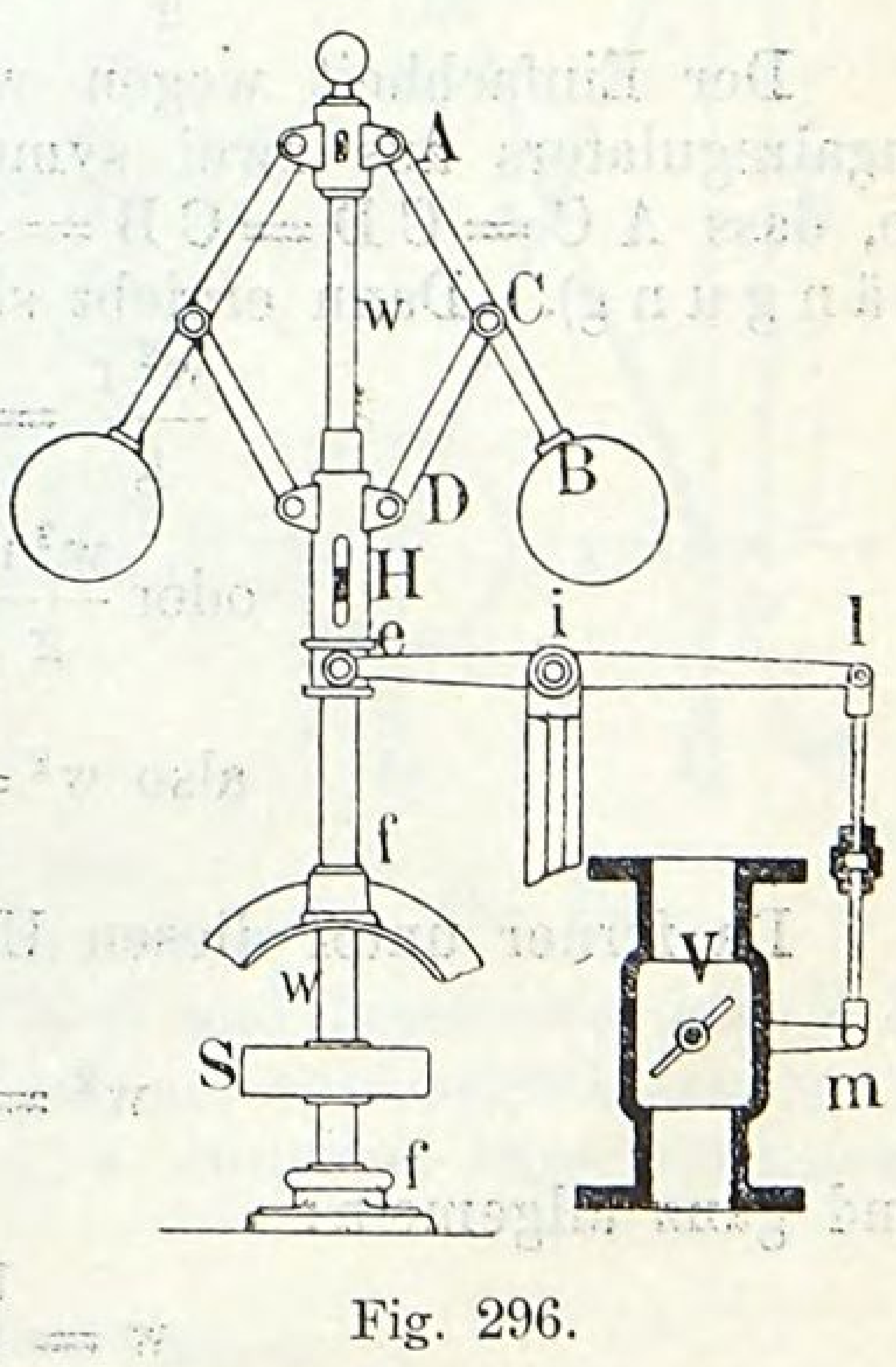


Fig. 296.

Als Ausgangspunkt der zahlreichen Anordnungen von Zentrifugalregulatoren ist der durch Einfachheit ausgezeichnete Regulator von Watt anzusehen. Derselbe ist (Fig. 296) zusammengesetzt aus zwei Schwungkugeln B, welche mittels der Arme B A bei A auf-

gehängt und mittels der Stangen C D mit der Hülse H verbunden sind. Die in den Lagern f, f geführte Regulatorwelle w w erhält ihre Umdrehung von der für die Regulirung maassgebenden Maschine vermittelst der Riemenscheibe S und überträgt die Drehung durch den Kopf bei A und zum Teil auch durch die Hülse H auf die Schwungkugeln, da die Hülse mit einem Schlitze versehen ist, durch den ein in der Welle befestigter Keil als Mitnehmer hindurchtritt. Die mitdrehende Hülse wird von einer Gabel e umfasst, die mit Zapfen oder Rollen in eine herumlaufende Nut reicht und dadurch dem Steigen oder Fallen der Hülse folgt. — Zugleich lässt die Figur erkennen, dass die Gabel e am Ende eines Hebels e i l angebracht ist, der die Bewegung durch die Zugstange l m und einen Arm auf die in einem Rohre sitzende Drehklappe (Drosselklappe) v überträgt und diese der Geschwindigkeit gemäss einstellt, d. h. bei grösserer Geschwindigkeit schliesst, bei kleinerer mehr öffnet.

Aus Fig. 297 ist eine vielfach verwendete Anordnung eines indirekt periodisch wirkenden Watt'schen Regulators zu erkennen, die auch bei anderen Regulatoren zur Anwendung gelangen kann. An der Hülse H, welche längs der hohlen Regulatorwelle w w spielt, hängt die Stange s s, welche eine um die Welle w w gelegte Büchse mit den Kegelrädern K, K nebst Reibungsscheiben mittels in Schlitzen von w w verschiebbaren Keilen trägt, so dass die Büchse sich mit der Hülse H hebt und senkt. Auf der Welle w w sind nun zwei Reibungskupplungen F, F aufgekeilt, die sich mit der Welle drehen und durch Einrücken in die Hohlkegel diese und somit die Büchse samt den Kegelrädern mitdrehen. Je nachdem die untere oder obere Reibungskupplung eingerückt wird, erfolgt die Drehung der Büchse in verschiedenem Sinne und überträgt sie nach Art der Anordnung Fig. 92 S. 50 auf ein drittes Kegelzahnrad, das nunmehr eine Regulirwelle und durch diese das Regulirorgan, z. B. einen Schützen in Bewegung beziehungsweise zur Einstellung bringt. Die mittlere Stellung der Büchse ist dabei so gewählt, dass sie der Normalgeschwindigkeit entspricht, bei der die Regulatorbewegung mit der Geschwindigkeit w ohne Einfluss auf das Stellzeug bleibt, welches bei dieser Anordnung zugleich indirekt zur Wirkung gelangt. — Bei grossen Widerständen wendet man statt der Reibungskupplung eine einfache Zahnrückkupplung oder Mitnehmerkupplung (S. 29) an.

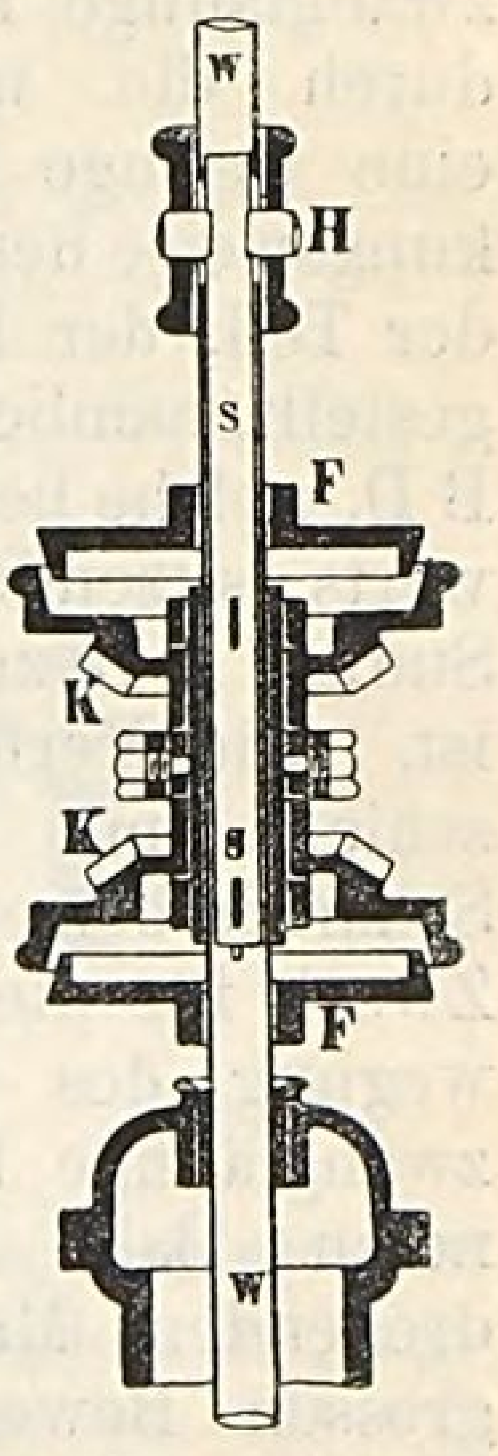


Fig. 297.

Ein viel verwendeter Regulator (Porter) ist in Figur 298 dargestellt. Derselbe besteht aus den zwei Schwungkugeln B, welche an den Stellen angebracht sind, wo die Arme a mit den Stangen B C gelenkartig verbunden werden, die auf die Hülse H einwirken. Der Antrieb der Regulatorwelle w w erfolgt mittels Kegelräder von der Riemenscheibe S, während die Uebertragung der Hülsenverschiebung durch den Hebel e i stattfindet, der mit einem Ringe die Hülse umfasst, in deren umlaufende Nut zwei Zapfen eintreten. Zur Verminderung der Widerstände ist dieser Hebel durch eine Gegengewichtskugel e ausgeglichen. Das Eigentümliche dieses Regulators liegt in der Belastung der Hülse, indem dieselbe eine schwere gusseiserne Urne trägt, welche die Welle umgiebt und sich mit der Hülse auf- und

abbewegt. Die Anwendung dieses Gegengewichtes sichert dem Regulator eine ebenso grosse Empfindlichkeit als wenn man den Kugeln ein Gesamtgewicht geben würde, welches gleich ist dem Gewichte der Kugeln plus dem Gewichte der Urne. Die Anbringung des Gegengewichtes gestattet daher die Verwendung kleiner Kugeln und ist schon aus dem Grunde der Vermehrung des Kugelgewichtes vorzuziehen, weil dadurch die sämtlichen Regulatorteile kleiner ausfallen. — Um diesen Regulator für verschiedene Geschwindigkeiten einstellen zu können, ist es zweckmässig, das Gewichtsstück H hohl anzufertigen, und verschiedene Belastungen durch Eingiessen von Blei zu erzielen.

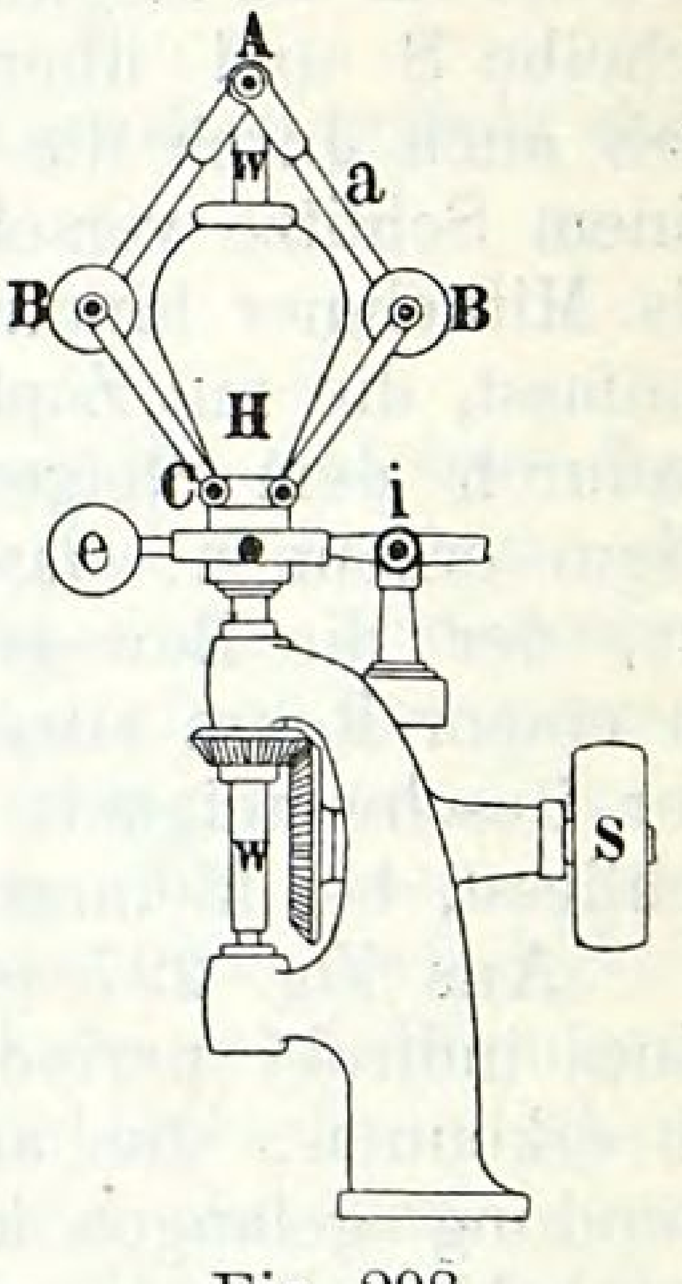


Fig. 298.

Die Figur 299 zeigt die Ausführung eines Regulators (P r ö l l) welcher sich durch eine eigentümliche zwangläufige Führung der Kugeln auszeichnet und durch die umgekehrte Anbringung der letzteren eine geringe Bauhöhe beansprucht. Ein die Wirkungsweise des Regulators in erster Linie beeinflussender Teil, der Kugelträger, ist aus einem Stücke hergestellt, nämlich aus einer geraden mit der Kugel zusammengegossenen Stange B D, welche bei D mit der Urne gelenkartig vereinigt und mittels eines seitwärts sitzenden kurzen Armes bei B ebenfalls scharnierartig mit der Stange A B zum Zwecke des Aufhängens verbunden ist. Die Verbindung dieser schmiedeisernen Hängeschiene mit der Welle erfolgt desgleichen mit Scharnierbolzen bei A; ihre Krümmung hat den Zweck für die Kugeln Raum zu gewinnen. Die Bewegung des Kugelmittelpunktes in der durch die zwangläufige Führung des Kugelträgers vorgezeichneten Bahn im Verein mit der Verteilung der drehenden Massen bringen einen verhältnismässig grossen Beweglichkeitsgrad hervor, während die Massen selbst eine bedeutende Stellkraft in sich tragen.

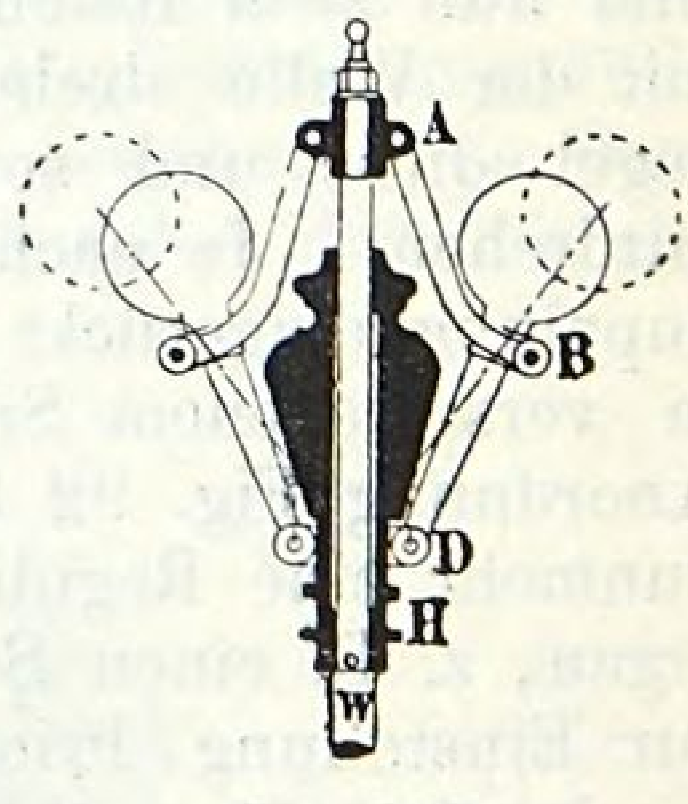


Fig. 299.

In Figur 300 ist ein Regulator (G r u s o n) vor Augen geführt, der unter dem Namen C o s i n u s - R e g u l a t o r sehr verbreitet ist. Der tachometrische Teil desselben besteht aus zwei Pendeln, welche jedoch nicht an der Welle hängen, sondern in der mit der Hülse h zusammen gegossenen hohlen Urne H sitzen, so dass die Pendel mit der Hülse auf- und absteigen, während die letztere zugleich durch einen Mitnehmerstift von der Welle w w mit in Umdrehung versetzt wird. Jedes Pendel ist aus 2 Gewichten, (den Kugeln B und den in der Ansicht elliptisch erscheinenden platten Körper C) mittels eines Winkelhebels zusammengesetzt, der in dem Scheitelpunkt a an der Hülse H aufgehängt ist. Ein mit C verbundener Arm trägt auf einem seitlichen Zapfen eine Rolle r, welche auf einem an der Welle sitzenden Steg s aufruht. Heben sich infolge der Zentrifugalkraft bei der Drehung die Pendelkugeln, so tritt durch den Druck der Rolle r auf den Steg s eine derartige Hebelwirkung ein, dass die Hülse von den Aufhängestiften a in die Höhe gehoben wird, während das Gewicht der

Hülse mit den Pendeln zur Abwärtsbewegung ausreicht. Vermöge seiner Gestalt und Massenverteilung besitzt dieser Regulator die Eigentümlichkeit, dass das in dem Schwerpunkt S des Pendels auftretende Zentrifugalmoment F als resultirendes Moment sämtlicher in den einzelnen Punkten des Systems wirkenden Momente dem Cosinus des Ausschlagwinkels α proportional ist, unter Ausschlagwinkel denjenigen Winkel verstanden, den die durch a gelegte vertikale a b, mit der von a nach dem Schwerpunkt S gezogenen Linie einschliesst. Von dieser Eigentümlichkeit rührt auch der Namen desselben her. Da die ganze Masse der Pendel und Urne mit Hülse als Stellkraft ausgenutzt wird, so besitzt dieser Regulator ein relativ

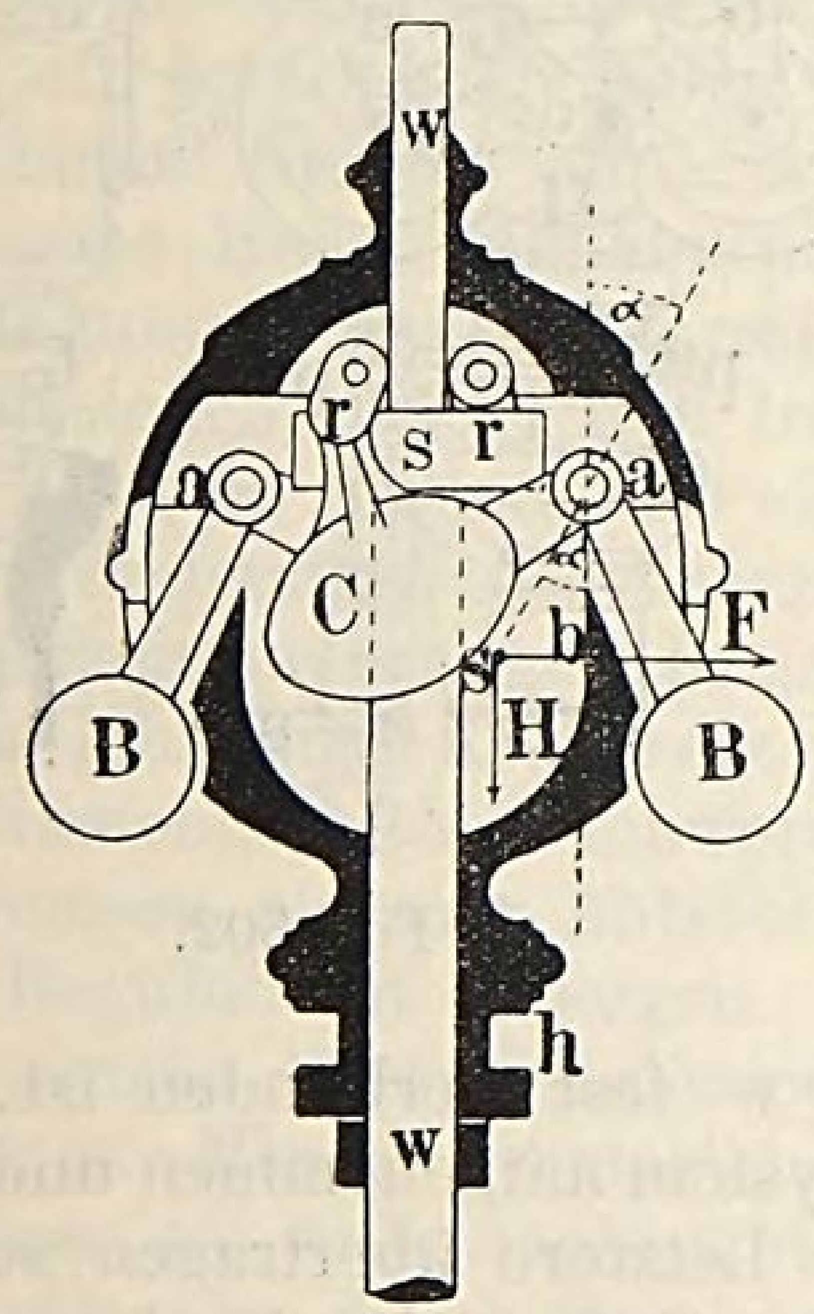


Fig. 300.

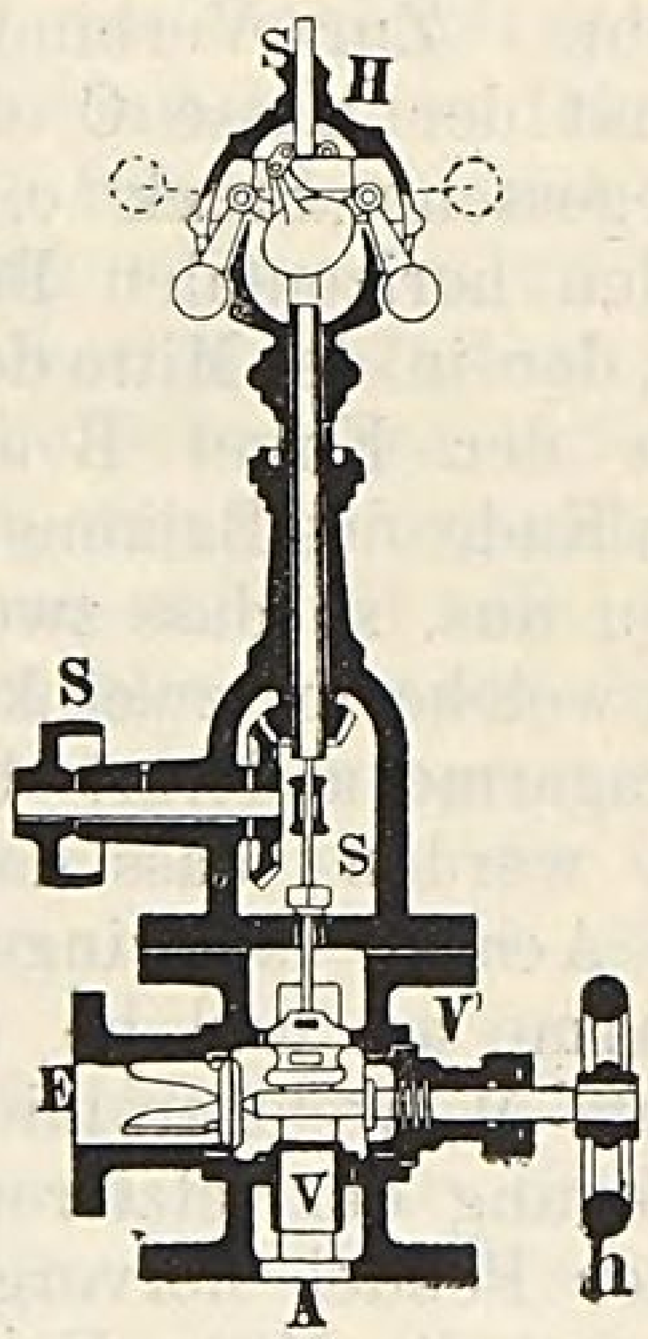


Fig. 301.

grosses Arbeitsvermögen. Bemerkenswert an diesem Cosinus-Regulator ist noch die Verstellbarkeit der Druckrollen r, indem sich ihre Zapfen in länglichen Augen der Pendel rechtwinklig zu a c versetzen lassen. Durch dieses Versetzen verändert sich die Stellung der Rollen und damit zugleich die Grösse des Ausschlagwinkels bei einer bestimmten Umdrehzahl, wodurch es möglich wird, den astatischen Apparat auf einen passenden Grad der Stabilität zu bringen.

Die in Figur 301 dargestellte Anordnung mag als Beispiel einer direkten Verbindung des Cosinus Regulators mit dem Drosselventil in einer Dampfleitung dienen. Die Umdrehung des Pendelhauses H erfolgt mittels Kegelräder von der Riemenscheibe S durch ein Rohr, welches in dem Gestelle geführt wird und mit dem Gehäuse H fest verbunden ist. Die Regulatorstange s s geht durch dieses Rohr sowie eine Stopfbüchse des Ventilgehäuses V und trägt unten das Drosselventil v, welches demnach der Bewegung der Ventilstange folgt und die Durchgangsöffnung an beiden Ventilsitzen verändert. Zur Vermeidung grösserer Widerstände ist das cylindrisch geformte Ventil vollständig von dem bei E eintretenden Dampf umgeben und entlastet, indem zwei seitlich in dem Ventilkörper angebrachte Kanäle die Verbindung zwischen dem oberen und unteren Ventilteile vermitteln. Das Dampfabsperrventil wird mit dem Handrad h und einer Schraubenspindel

bewegt, die durch eine Aussparung des Absperrventils hindurch geht. Der Austritt des Dampfes findet durch den unteren Stutzen A statt. Bei einer anderen Ausführung dieses Regulators liegt die Stange s s ausserhalb des Gehäuses und überträgt die Bewegung auf das Ventil mit Hilfe einer Kurbel.

Zu den viel benutzten Regulatoren gehört der in Figur 302 gezeichnete Regulator mit zwei Pendeln (Buss). Jedes Pendel besteht aus einer nach oben gerichteten Kugel B und einem fassartigen Körper C, der an den abwärts gerichteten Tragarmen b b schwebt. Zur Verbindung der Kugel B mit der Masse C dient das an C angegossene Stück c, welches sich an den horizontalen Balken o o anschliesst, der in der Mitte den Kegelarm d mit der Kugel B aufnimmt. Von jedem Ende des Balkens o o geht ein Stück n aus, so dass zwei Schilde entstehen, welche an zwei korrespondirende Tragarme a derart beweglich eingehängt werden, dass das Pendel um diese Achsen schwingen kann. Die vier Arme a a und bb sitzen an dem Aufsatz M, welcher mit der Welle w w fest verbunden ist, so dass durch Bewegung der letzteren das ganze System mitgenommen und das Ausschlagen der Pendel hervorgebracht wird. Letztere übertragen sodann die Bewegung auf die Hülse H vermittelst eines Stiftes, der in dem Armteil c sichtbar ist und in eine kleine auf der Hülse H sitzende Oese eintritt. Zur Fortleitung der Hülsenbewegung nach dem Regulirorgan endlich dient der Winkelhebel p p q, der bei q eine verstellbare Schubstange s und bei p eine Stange aufnimmt, die den Kolben einer Oelbremse trägt.

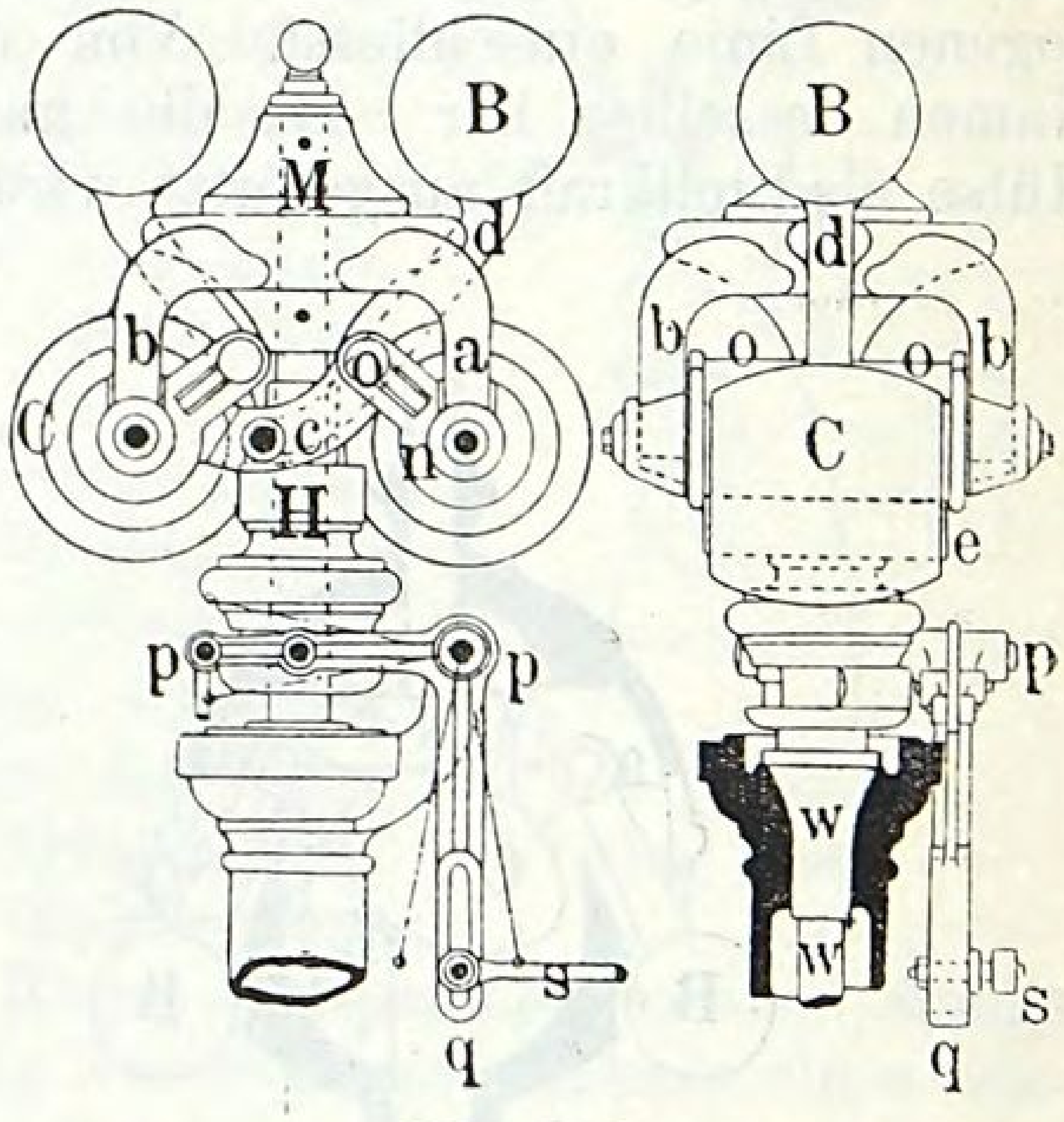


Fig. 302.

Ein Zentrifugalregulator (Schäffer und Budenberg) bei dem ebenfalls Winkelpendel in der Weise zur Anwendung kommen, dass die ganze Masse der Hülse mit den Pendeln an der Welle hinauf- und hinuntersteigt, ist in Figur 303 sichtbar. Vier symmetrisch um die Spindel verteilte Pendel B B sind mit Gewichten C verbunden und um Bolzen a a drehbar in der Urne H angebracht, die mit der Hülse h ein Stück bildet. Zugleich sind diese Pendel mittels Blattfedern i i labil an der Regulatorwelle aufgehängt und dadurch mit der letzteren derart in Verbindung gebracht, dass sie bei der Drehung mitgenommen werden. Beim Ausfliegen der Kugeln B B wickeln sich die Federn auf die bogenförmigen Gewichte C C auf und schieben damit die Hülse h an der Spindel in die Höhe. Bei diesem Vierpendelregulator tritt der mit dem Ausschlage der Pendel wachsende Widerstand der Blattfedern der Zentrifugalwirkung entgegen auf, so dass durch entsprechende Wahl derselben die Stabilität des Regulators zu regeln ist.

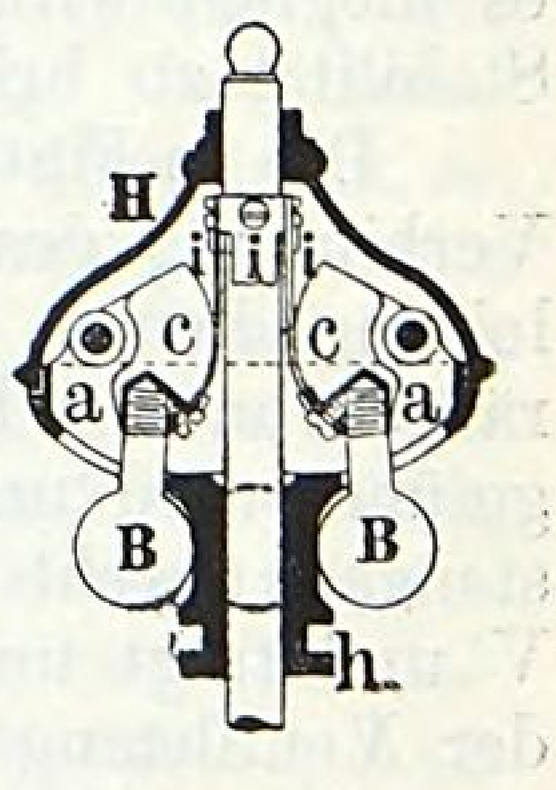


Fig. 303.

Die Grösse der Stellkraft eines Zentrifugalregulators hängt ab von der Grösse der in der Schwebe befindlichen Massen, so dass bei bedeutenden

Widerständen auch erhebliche Massen notwendig werden. Indem sich nun diese Massen bewegen, erhalten sie eine Trägheitswirkung, die sich darin äussert, dass sie unter dem Einflusse der aufgenommenen lebendigen Kraft die Bewegung noch fortsetzen, wenn die Ursache bereits verschwunden ist. Infolge dieser Eigenschaft entstehen Unregelmässigkeiten, welche mit dem Namen Springen oder Zucken bezeichnet und Ursache des sogenannten Ueberregulirens werden. Zur Vermeidung oder Verminderung des Springens stehen zwei Mittel in Anwendung: der sogenannte Katarakt und Ersatz der Masse durch Federwirkung.

Unter Katarakt (Flüssigkeits-, Oel- Glycerinbremse) versteht man eine Anordnung, bei welcher eine Flüssigkeit eine Regulirung ausübt. Dieselbe besteht in bewährter Einrichtung aus einem mit einer Flüssigkeit oder Luft gefüllten Cylinder, in welchem ein mit kleinen Durchbohrungen versehener Kolben an einer Kolbenstange hängt, die mit der Regulatorhülse oder Hebel zum Beispiel bei p Fig. 302 verbunden ist und daher alle Schwingungen der Hülse auf den Kolben überträgt. Jndem dieser nun auf die Flüssigkeit drückt und letztere durch die Bohrungen auf die andere Seite des Kolbens drängt, wird ein gewisser von der Kolbengeschwindigkeit abhängiger Widerstand hervorgerufen, der hemmend auf die plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen beziehungsweise Beschleunigungen einwirkt, indem er die lebendige Kraft verzehrt, welche solche Änderungen verursachen würde. Namentlich bei schwereren Regulatoren hat sich die Benutzung solcher Bremsen als sehr nützlich herausgestellt, da dieselben ein ruhiges Spiel der Regulatoren erzeugen.

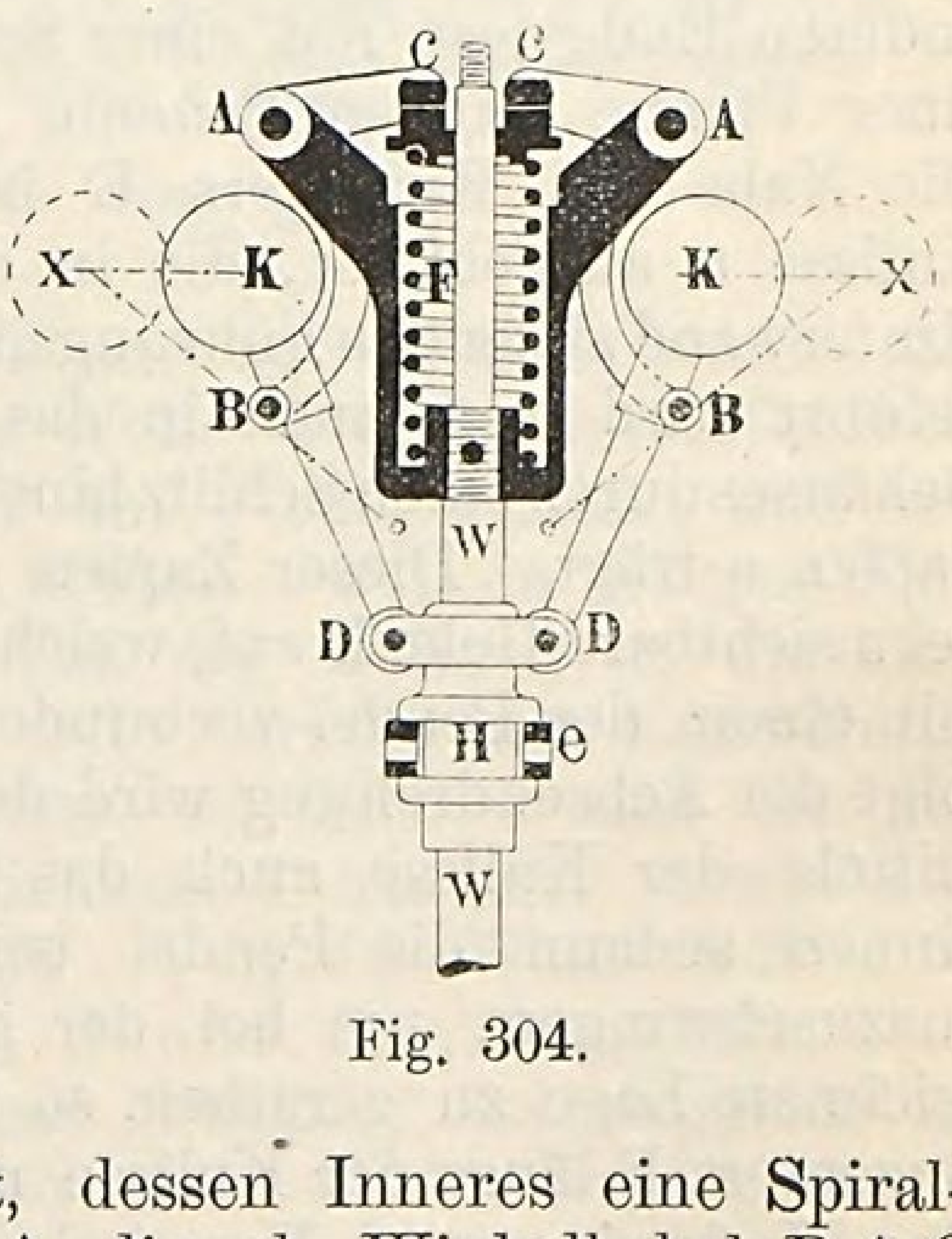


Fig. 304.

Naturgemäss lässt sich das Springen am einfachsten durch Verminderung der bewegten Masse vermeiden oder auf einen solchen Grad zurückführen, dass es nicht mehr störend auftritt. Dies ist dadurch zu erreichen, dass man statt der durch Gewichte hervorgebrachten Belastung eine entsprechend starke Feder zur Anwendung bringt, die in der Ruhelage des Regulators ungespannt ist, aber bei dessen Bewegung allmählich mehr und mehr Spannung erhält. Unter den zahlreichen nach diesem Grundgedanken konstruirten Regulatoren sei hier der durch Figur 304 veranschaulichte Federregulator (Pröll) als bewährt hervorgehoben. Derselbe besitzt die 2 Schwungkugeln K K, welche wie bei dem Regulator Figur 299 durch die damit zusammengegossenen Träger K D mit der Hülse H verbunden sind, deren Halsnut die Stellhebelgabel bei e aufnimmt. Auf der Welle w w befindet sich ein gefässartig ausgebildetes Kopfstück befestigt, dessen Inneres eine Spiralfeder F birgt und dessen zwei Arme A A die als Winkelhebel B A C ausgeführten Hängeschienen tragen. Die Hebel schwingen um die Bolzen A A und stützen sich mit den Enden C C auf eine längs der Welle verschiebbare Platte, welche zentral auf der Feder F aufliegt. Sobald nun durch Drehung der Welle w w die Kugeln K K ausschwingen, tritt nebst der Aufwärtsbewegung der Hülse H durch die Hängeschienen B A C ein

Zusammenschieben der Feder und somit eine Rückwirkung ein, welche, von der Spannkraft der Feder geregelt, denselben Erfolg hat wie ein entsprechendes Gewicht. Zugleich hat dieser Regulator die Eigentümlichkeit, dass der Kugelmittelpunkt sich annähernd in einer Ebene x x bewegt, die normal auf der Wellenachse steht. — Die Hülsenbelastung durch eine Feder statt durch Gewichte ermöglicht die Anwendung des Regulators auch bei schnell laufenden Wellen beziehungsweise Maschinen sowie die Anbringung auf wagerechten Wellen, wodurch der Ersatz der Gewichte durch Federn in vielen Fällen von besonderer Bedeutung wird.

In neuester Zeit insbesondere erhalten solche Federregulatoren bei Dampfmaschinen mit hoher Umdrehzahl ihre Stellung auf der Kurbelachse neben oder auch an dem Schwungrad (Achsen- oder Schwungrad-Regulatoren) und eine Anordnung, vermöge welcher sie auf die Steuerexzenter einwirken, indem sie deren Hub und Voreilen durch die Verstellung ihrer Lage verändern und der Maschinenleistung anpassen. Ein vorzüglich bewährter Regulator (Kummer) dieser Art ist in Fig. 305 dargestellt. Die Pendel bestehen hier nicht in Kugeln, sondern in Winkelstücken A, A, welche um Bolzen B, B schwingen, die ihre Befestigung in dem den ganzen Mechanismus einschliessenden Gehäuse H H erhalten, das auf der Maschinenachse sitzt. Beide Pendel sind durch zwei Gelenkstangen zu einem beweglichen Parallelogramm mit einander vereinigt und einzeln mit einer Schraubenfeder verbunden, von denen eine jede mit dem einen Ende an der Gehäusewand befestigt und mit dem anderen Ende lose mit einer Schneide auf einer Pfanne an den Pendeln A, A ruht. Die Nabe des Exzenters E ist zu einer Kulisse n ausgebildet, die in den an der Hinterwand sitzenden Führungslinealen m m geführt wird und einen in das Innere des Gehäuses durch einen Schlitz hineinragenden Zapfen q trägt. Dieser Zapfen nimmt das bei s sichtbare Gelenk auf, welches zugleich mit einem der Pendel verbunden ist. Infolge der Achsendrehung wird das Gehäuse und damit der Regulirapparat und mittels der Kulisse auch das Exzenter mit in Umdrehung versetzt. Beginnen sodann die Pendel bei einer bestimmten Umdrehzahl der Welle auszuschwingen, um bei der grössten Geschwindigkeit in die punktirt gezeichnete Lage zu gerathen, so bewirkt das Gelenk s eine Verschiebung des Exzenters E längs der Kulisse n n also der Achsenmitte entgegen und damit eine Verlegung und Verminderung der Exzentrizität, wobei der Exzentermittelpunkt sich auf einer Geraden verschiebt, und vermöge der eigentümlichen Aufhängung der Federn die Angriffshebelarme um so kürzer werden, je mehr sich die Federn spannen. Das Aufstecken des Regulators auf die Maschinenachse erfolgt in der Weise, dass die Pendelschwerpunkte S, S vor den Aufhängepunkten also in der Pfeilrichtung herlaufen. Hierdurch wird

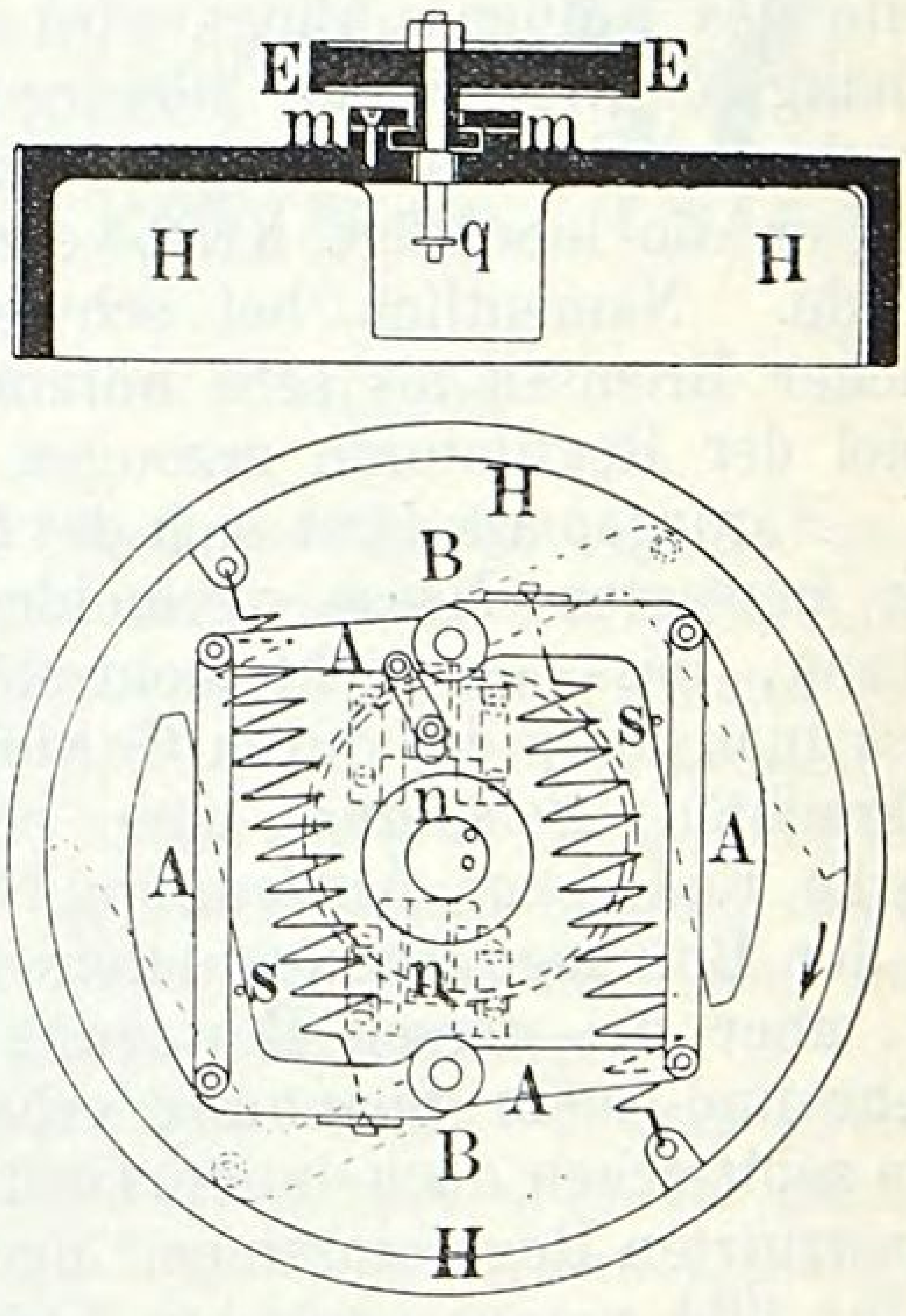


Fig. 305.

erreicht, dass bei plötzlicher Mehrbelastung der Maschine das Trägheitsmoment der Pendel sofort mit zur Exzenterverschiebung beziehungsweise Verengung des Dampfzuströmungskanales beiträgt.

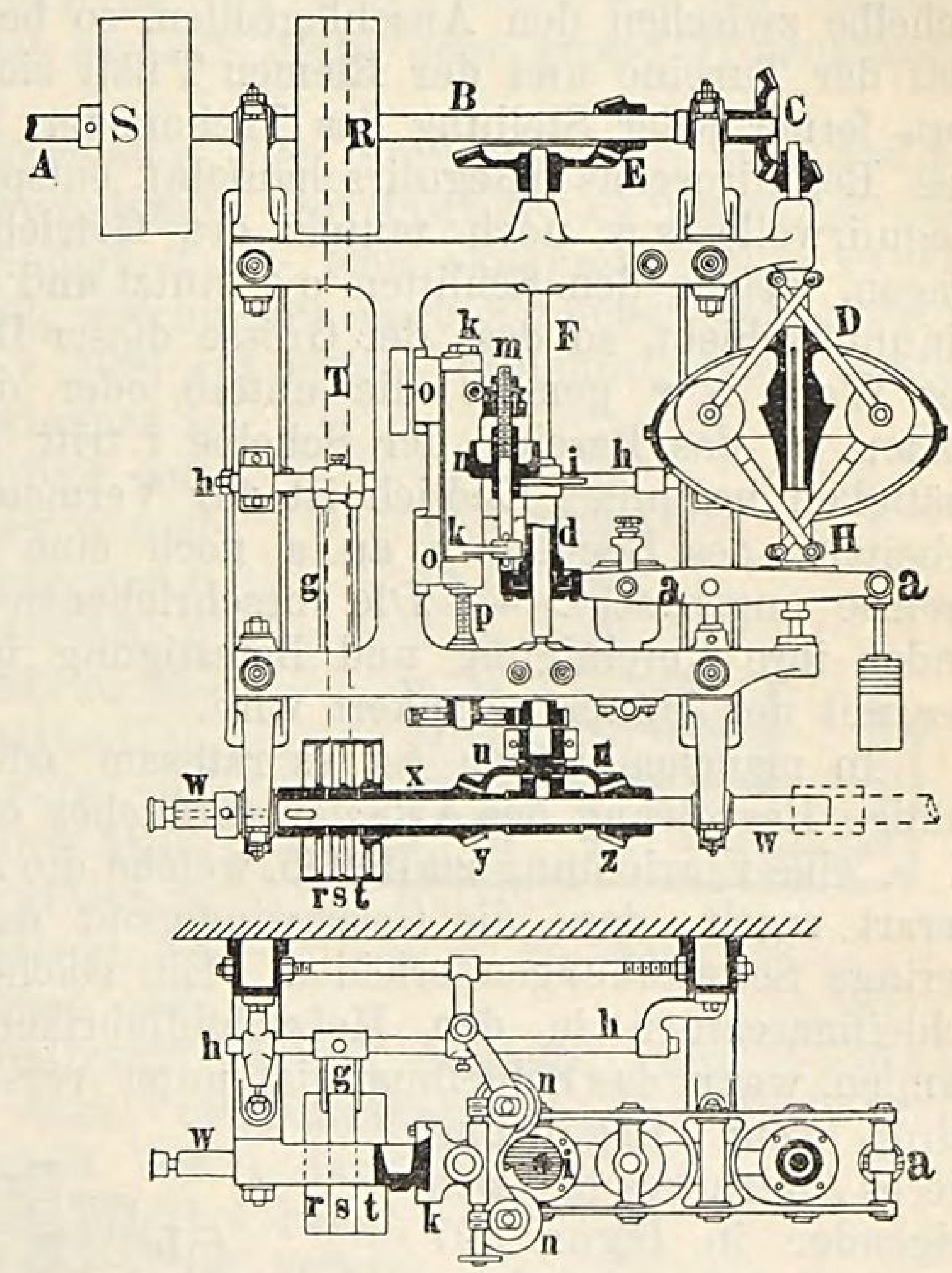


Fig. 306.

Als Beispiel einer musterhaft durchgeführten Anlage mit einem indirekt periodisch wirkenden Regulator kann die in Figur 306 dargestellte, zur Regulirung eines Turbinenleitschaufelapparates (Pfarr-Voith) gelten. Die Wirkung des Regulators besteht in der Verschiebung des Riemens eines Wendegetriebes mit Hilfe einer Transmissionswelle, veranlasst durch Verschiebung einer Daumenhülse von einem Zentrifugalpendelpaar aus. Man erkennt zunächst in A B die von der festen Riemenscheibe S in Umdrehung versetzte Transmissionswelle und bei C die Kegelzahnräder, welche die Regulatorpendel D in Bewegung bringen, so dass deren Umdrehzahl von dem Gange der Turbine bedingt ist. Ferner sitzt auf der Welle A B die Riemenscheibe R, von der ein Riemen T auf die Riemenscheiben r, s, t geführt wird, wovon r mit der Welle w w und t mit der langen Hülse x fest verbunden ist, während s lose auf w w sitzt. Die Welle w w trägt ferner ein Kegelrad z, die Hülse x ein Kegelrad y. Da nun sowohl z als y mit dem Kegelrade u in Eingriff stehen, so wird die Welle w w in verschiedener Richtung gedreht, je nachdem der Riemen T auf r oder t läuft, und bei normaler Umdrehzahl der Turbine unbewegt bleiben, weil in diesem Fall der Riemen T auf die Losscheibe s läuft. Von der Welle w w, die also von der Transmissionswelle A B angetrieben wird, erfolgt die Einstellung des Leitschaufelapparates mittels eines Getriebes, so dass es sich bei der Regulirung nur um die Verschiebung des Riemens T handelt, welche auf folgende Weise von dem Regulator D ausgeht. Von der Welle A B wird mittels des Zahnräderpaares E eine Welle F und damit eine Daumenscheibe i stetig in Umdrehung erhalten. Diese Scheibe i sitzt zugleich an einer auf F verschiebbaren Hülse d, die von dem Ende eines rahmenförmigen Hebels a a getragen wird, der die Bewegung der Regulatorhülse H der Daumenscheibe i mitteilt. Neben der Daumenscheibe i befinden sich von Schrauben m m getragen und genau einzustellen zwei Anschlagrollen n, n, verbunden mit dem Stück k k, das um eine vertikale Achse drehbar in dem Schlitten o o gelagert ist. Von dem Stücke k k geht ein Arm zu dem Riemenführer h h mit der Gabel g und einer Führungsschiene. Infolge

dieser Verbindung tritt bei einer Drehung des Stückes k k eine Verschiebung der Riemengabel g je nach der Drehrichtung links oder rechts ein. Wird nun die Daumenscheibe i durch die Regulatorhülse gehoben, so wirkt sie gegen die obere Anschlagrolle n: es erfolgt die Verschiebung des Riemens T auf die Scheibe r. Senkt sich dahingegen die Scheibe i, so berührt sie die untere Anschlagrolle: der Riemen T gelangt auf die Scheibe t. Steht die Scheibe zwischen den Anschlagrollen, so besteht die mittlere Geschwindigkeit der Turbine und der Riemen T hält sich auf der losen Rolle s. Damit nun ferner jeder Stellung des Tachometers D eine ganz bestimmte Stellung des Regulirorgans (Regulirschaufeln) entspricht, wird die Bewegung der Regulirwelle w w noch mittels des Getriebes q auf die Schraube p übertragen, welche den Schlitten o o stützt und durch ihre Drehung hinauf oder hinunterschiebt, so dass der Grösse dieser Drehung also auch der Drehung der Welle w w gemäss die untere oder obere Anschlagrolle früher oder später in das Bereich der Scheibe i tritt und damit sofort ihre Regulirthätigkeit beginnt. Endlich ist zur Vermeidung des Springens oder Ueberarbeitens des Regulators an a noch eine äusserst genau einstellbare Ölbremse angebracht. — Die beschriebenen Einzelheiten dieses Regulators finden ihre Vereinigung und Befestigung in einem gusseisernen Rahmen, der mit der Mauer verankert wird.

In manchen Fällen ist es rathsam oder wünschenswert, eine selbstthätige Regulirung des Arbeitsverbrauches einer Werkmaschine anzuwenden d. h. eine Einrichtung zu treffen, welche die Arbeitswiderstände der Maschine derart regelt, dass die Geschwindigkeit der letzteren gar keine oder nur geringe Schwankungen erleidet. Ein solcher Fall ist u. a. bei den Holzschleifmaschinen in den Holzschlifffabriken und ähnlichen Anlagen vorhanden, wenn das Schleifmaterial unter verschiedenem Andrucke verarbeitet wird. Zur Regulirung dieses Andruckes hat sich folgender in Figur 307 skizzirter Arbeitsregulator (Pfarr) als sehr brauchbar erwiesen. Ein Tachometer D, nach Art des in Fig. 306 dargestellten Regulators konstruirt, erhält seine Umdrehung durch Kegelräder C, und die Welle A B vermittelst der Riemenscheibe S von der Haupttransmission. Zugleich dreht sich mit der Welle A B die Kegeltrommel E und überträgt

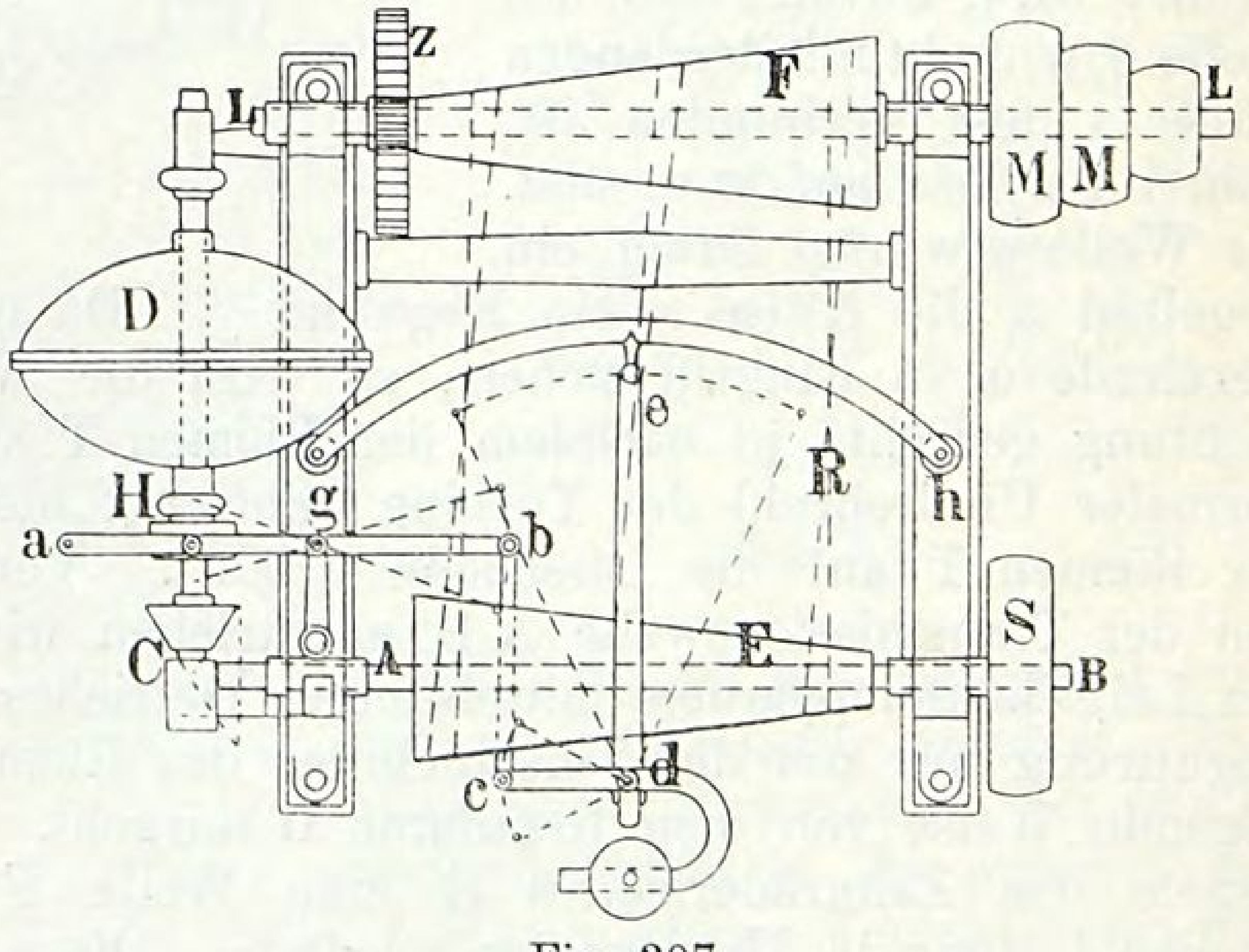


Fig. 307.

mittels gekreuzten Riemens R die Drehung auf die zweite Kegeltrommel F, die nun durch das Vorgelege z eine Welle L L in Umdrehung versetzt, deren Stufenscheiben M, M die von der Umdrehzahl der Welle und der Wahl der Stufe abhängige Geschwindigkeit auf die Andruckorgane (Pressen) der Schleifmaschine überträgt. Die Tachometerhülse H steht durch den Doppelhebel a b, die Zugstange b c, den ausbalanzirten Winkelhebel c d e mit der

auf dem Bogen g h geführten Riemengabel e in Verbindung, so dass der Riemen T einer Geschwindigkeitsänderung des Regulators beziehungsweise der Haupttransmission folgt und auf andere Durchmesser der Kegeltrommeln gelangt, wodurch jeder Tachometerstellung eine bestimmte Anzahl Umdrehungen der oberen Trommel angehört. Dabei sind die Hebelverhältnisse so gewählt, dass bei einer Abweichung von ± 3 Prozent von der Normalgeschwindigkeit der Riemen T das äussere kleine oder grosse Trommelende erreicht.

In anderen Fällen ist es notwendig, den Verbrauch also den Zufluss einer Flüssigkeit nach der Geschwindigkeit der Maschine zu regeln, so dass der Zufluss mit dieser Geschwindigkeit zu- oder abnimmt. Eine zweckentsprechende Einrichtung hierzu, welche sich auch ähnlichen Bedürfnissen leicht anpassen lässt, besteht (Fig. 308) aus einer Verbindung eines Zentrifugalregulators R mit einem Schwimmer S. Die zu regelnde Flüssigkeit strömt aus einem Behälter durch das Rohr a und Einlassventil v in den Verteilungskasten b und von hier durch das Auslassventil u und das Abflussrohr c zur Gebrauchsstelle. Der Regulator R erhält seine Umdrehung durch ein Kegelradgetriebe von der betreffenden Maschine aus, und überträgt die Bewegung durch die Hülse h, den Hebel h d und die Ventilstange s s auf das Auslassventil u, welches sich dadurch je nach der Geschwindigkeit passend einstellt. Zur Erhaltung einer bestimmten Standhöhe in dem Verteilungskasten b und damit einer bestimmten Ausflussgeschwindigkeit aus c dient der Schwimmer S, an dem das Ventil v hängt, das sich beim Heben von S schliesst. Der untere Teil der Ventilstange s ist mit dem oberen Teil derselben durch eine Hülse derart verbunden, dass dem Ventil u ein genauer Stand gegeben werden kann, während das Maass seiner Schwankungen sich an einer Skale i zeigt.

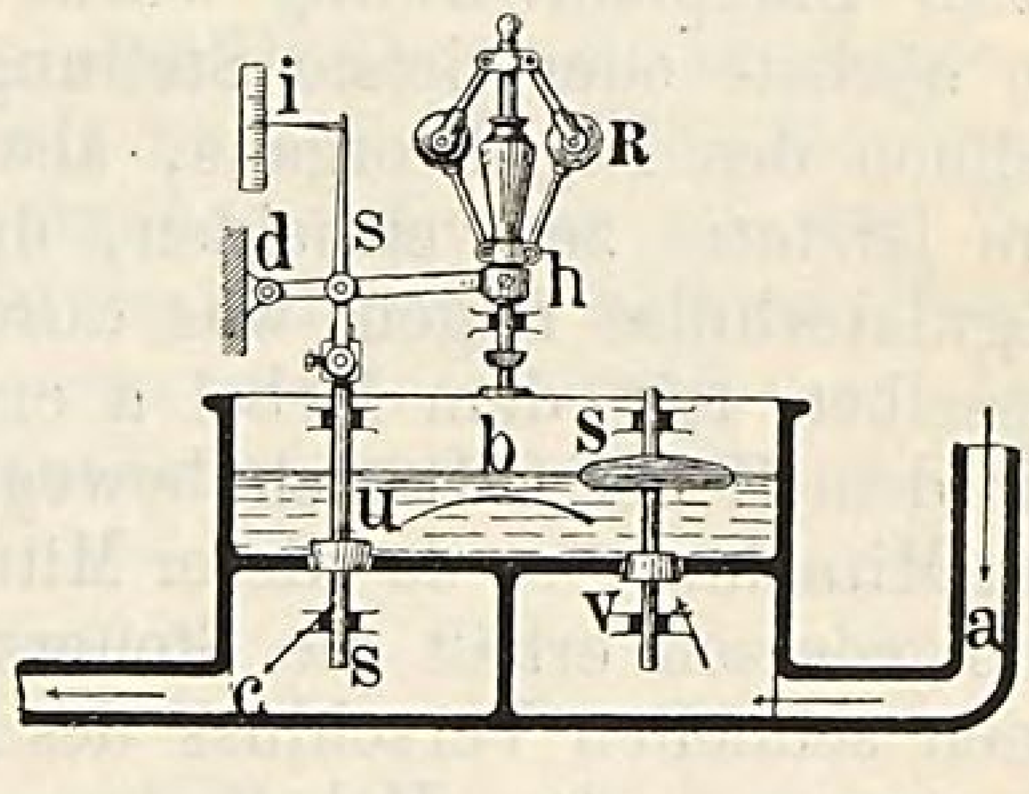


Fig. 308.

Figur 309 führt einen Vierpendelregulator mit Krafteinschaltung (v. Lüde) vor Augen, bei dem die Verstellung des Regulirorgans mittels gespannten Dampfes erfolgt. Wie aus der Figur zu erkennen ist, erhält die Regulatorspindel w von der Riemenscheibe S aus mittels Kegelräder ihre Umdrehung und überträgt dieselbe auf 4 Pendel B, B, B, welche in dem Kopf A hängen und die Hülse H in gewöhnlicher Weise heben und senken. Bei dieser Bewegung nimmt die Hülse eine Schwinge ss mit, die innerhalb des Rahmens C D um die Achse i beweglich gelagert ist und bei ihrem Auf- und Abschwingen vermittelst eines Stiftes e den ausserhalb des Rahmens liegenden Hebel a ebenfalls um den bei C an dem

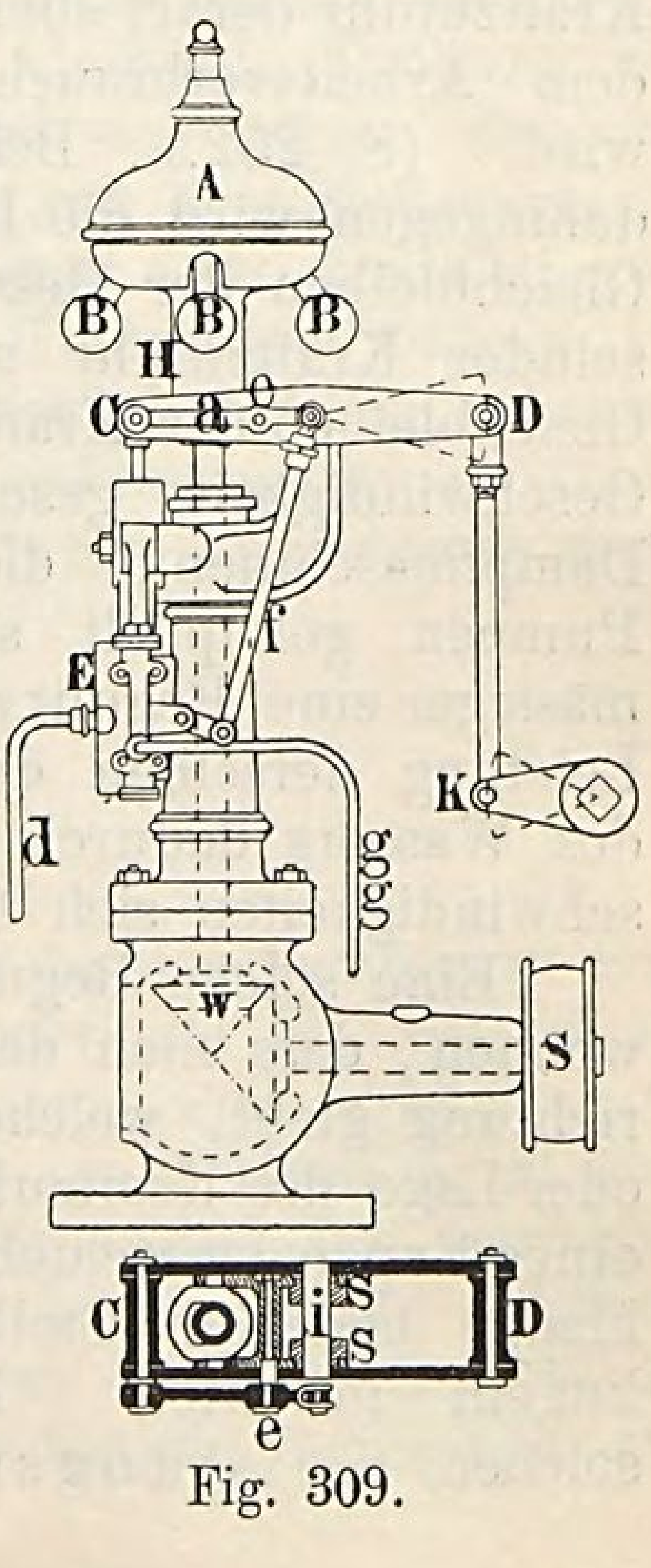


Fig. 309.

Rahmen sitzenden Bolzen in Schwingung setzt, zu welchem Zwecke der Stift e durch einen vertikalen Schlitz des Rahmens C D geht. Von dem Hebel a empfängt die Stange f eine auf- und niedergehende Bewegung behufs Umsteuerung eines Dampfmaschinchens E mit dem Dampfzuströmungsrohr d und dem Dampfabströmungsrohr g. Der Rahmen C D bildet einen um die Achse i drehbaren Hebel, dessen Ende C mit dem Kolben der Dampfmaschine E und dessen Ende D durch die Stange D K und Hebel K mit dem Regulirorgan (Drosselklappe etc.) in Verbindung gebracht ist. Sowie sich nun die Hülse H hebt, gelangt der Dampfmaschinenschieber in E in eine solche Stellung, dass der Dampf unter den Kolben tritt und dadurch das Ende C des Hebels C D nach oben bewegt; beim Sinken der Hülse tritt die entgegengesetzte Bewegung des Hebels und in beiden Fällen unter der Einwirkung des Dampfes eine Verstellung des Regulirorgans ein. Die Folge dieser Dampfeinwirkung würde ein plötzliches Schnellen des Hebels C D in die höchste oder tiefste Stellung und damit ein volles Verschliessen oder Oeffnen des Regulirorgans, also eine sehr unregelmässige Regulirung sein. Um letzteres zu vermeiden, darf der Hebel C D nur der Bewegung der Regulatorhülse folgen, was durch die eigentümliche zwangläufige Verbindung desselben mit dem Hebel a erreicht wird. Indem nämlich dieser Hebel mit dem Hebel C D sich bewegt, erhält derselbe zugleich eine Drehung um den Mitnehmer e, da dieser Mitnehmer von der Schwinge s s gehalten wird. Infolgedessen erhält die Steuerstange f ebenfalls eine Verschiebung, welche einen schnellen Verschluss des Dampfeintrittskanals und somit eine sofortige Begrenzung des Hebelhubes und der Verstellung des Regulirorgans verursacht.

Die Zentrifugalregulatoren dienen in den weitaus häufigsten Fällen zur Erhaltung gleichbleibender Geschwindigkeiten, indem sie die Kraftzufuhr derart abmessen, dass sie je nach dem Arbeitsverbrauch grösser oder kleiner wird. (S. 252.) Bei einzelnen Betrieben dahingegen wird die Regulirung nicht in dem Gleichbleiben der Geschwindigkeit mit wechselnder Kraftzufuhr sondern umgekehrt im Gleichbleiben der Kraftzufuhr mit wechselnder Geschwindigkeit gesucht werden können. Dampfmaschinen, die zum Beispiel mit Pumpen gekuppelt sind, erhalten zweckmässiger eine Regulirvorrichtung, welche die Leistung derselben dem wechselnden Bedarf des Wassers dadurch anpasst, dass die Geschwindigkeiten sich ändern.

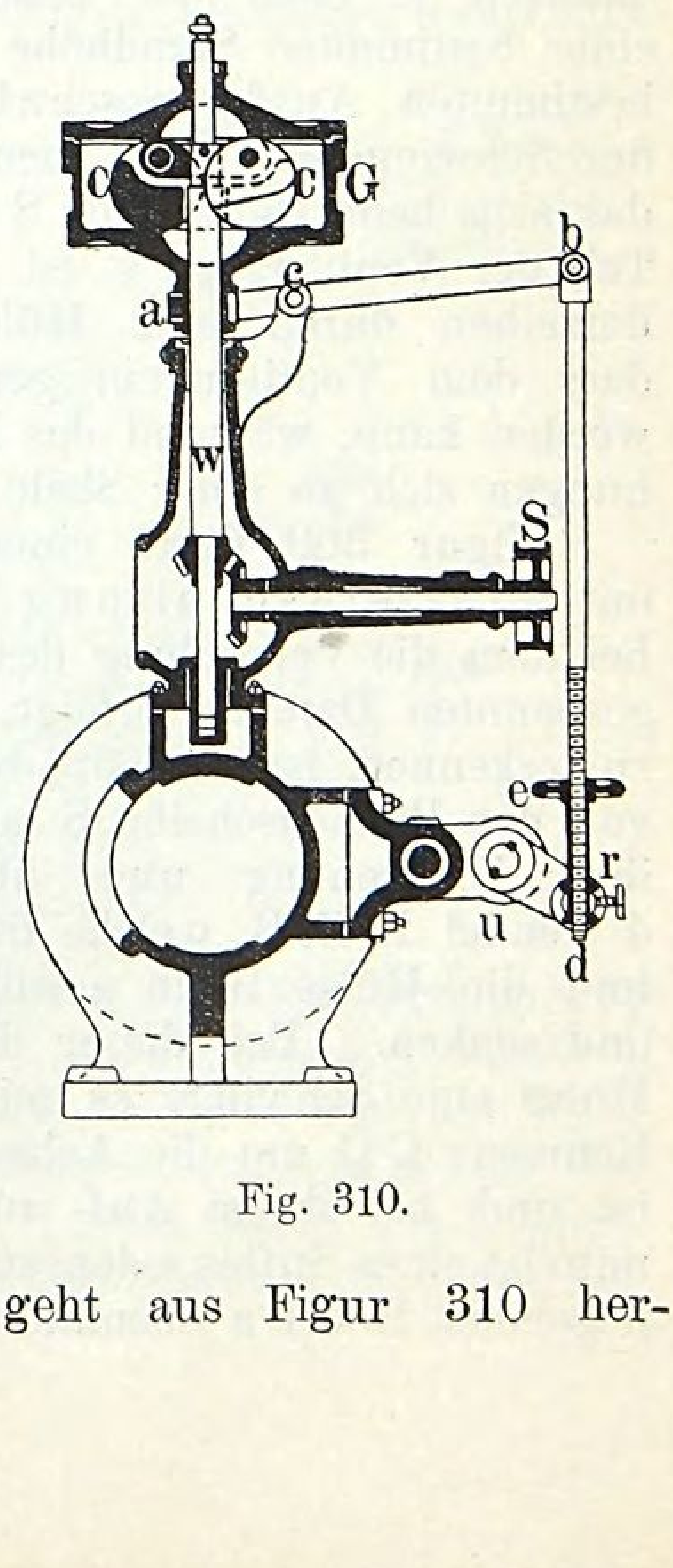


Fig. 310.

Eine solche Regulirung ist dadurch gewonnen, dass man dem Stellzeuge eine Einrichtung giebt, welche bei gleicher Stellung oder Lage des Kraftzufuhrorgans zum Beispiel eines Expansionsschiebers oder einer Drosselklappe beliebige Stellungen der Schwungkugeln gestattet. Die Grundlage eines solchen Leistungsregulators (Weiss) geht aus Figur 310 her-

vor. Die von der Riemenscheibe S mittels Kegelräder angetriebene Welle oder Spindel w trägt zwei exzentrisch daran gehängte walzenförmige Körper C, C als Pendel, welche von einem kastenförmigen Behälter G umschlossen sind, der frei auf- und ab bewegbar und drehbar, sowie bei a als Hülse ausgebildet ist. Indem die Walzenkörper C, C die inneren horizontalen Flächen dieses Gehäuses berühren, macht das letztere die Vertikalbewegung der Pendel mit und überträgt dieselbe auf den Hebel a c b. Am Ende b dieses Hebels ist die Stange b d befestigt, welche die Bewegung auf den Hebel r u überträgt, von dem aus das Regulirorgan, zum Beispiel der Riderschieber Figur 168 Seite 116, in Thätigkeit gesetzt wird. Die Stellung des Regulirorgans lässt sich nun einer beliebigen Stellung des Gehäuses G und somit der Pendel C, C anpassen. Zu dem Zwecke besitzt die Stange b d ein Schraubengewinde, dessen Mutter von einer Hülse gebildet wird, die mittels einer Nuss drehbar in dem Hebel r u sitzt und durch das Handrad e gedreht werden kann. Infolge der Drehung dieser Hülse verlängert oder verkürzt sich der Abstand r b und regelt sich die Stellung der Pendel zu der Stellung des Regulirorgans und zwar in der Weise, dass die Verkürzung eine grössere, die Verlängerung eine kleinere Umdrehzahl der Welle w w bei gleicher Stellung von u r hervorruft. — Durch besondere Vorrichtungen ist diese Längenveränderung auch selbstthätig von der Maschine aus herbei zu führen.

B. Differentialregulatoren.

Die Differential- oder Interferenzregulatoren, welche ebenfalls auch nicht nach Eintritt von Geschwindigkeitsänderungen zur Wirkung gelangen, bestehen gewöhnlich aus zwei Achsen, von denen die eine unmittelbar ihre Drehbewegung von der zu regulirenden Maschine, die andere dahingegen eine von letzterer unabhängige möglichst gleich bleibende Drehung von einer besonderen Kraftquelle (Wassermotor, Uhrwerk etc.) erhält. Zwischen beiden Achsen befindet sich sodann, in Verbindung mit dem Stellzeuge, ein Differentialräderwerk, welches das letztere in Thätigkeit setzt, wenn die von der regulirenden Maschine angetriebene Achse ihre Umdrehzahl ändert. Der Unterschied in ihrer Konstruktion beruht hauptsächlich auf den verschiedenen Mitteln zur Hervorbringung der konstanten Drehbewegung der Nebenachse, die zum Teil sehr sinnreich aber für eine häufige Anwendung dieser Regulatoren nicht geeignet sind.

C. Widerstandsregulatoren.

Das Wesen der Widerstandsregulatoren besteht in der Benutzung einer von der Geschwindigkeit der Maschine abhängenden als Widerstand auftretenden Kraft, welche mit der Geschwindigkeit zu- und abnimmt und die Verschiebung des Stellzeuges veranlasst. Als eine solche Kraft dient in der Regel der Widerstand, der sich einem Körper bei der Bewegung durch eine Flüssigkeit (Luft, Wasser, Quecksilber, Glycerin etc.) entgegensetzt, selten Reibung oder Federkraft. Demgemäss sind die dem Widerstande dargebotenen Körper gewöhnlich rotirende Flügel, Schrauben oder

Kapselräder, die bei ihrer Rotation in den Flüssigkeiten infolge des von der Geschwindigkeit abhängigen Widerstandes eine Lagenveränderung gegen andere Teile erleiden und vermöge dieser Aenderung die Regulatorhülse verschieben. Bewegen sich die Flügel in der Luft so entsteht der Windflügelregulator (Windfang). Hierbei sitzt auf der Regulatorwelle relativ drehbar ein Schwungrad oder ein Armkreuz mit 4 Flügeln, welches an der Nabe ein Kegelrad trägt, das in zwei Kegelräder mit rechtwinklig zur Regulatorachse stehenden Achsen eingreift. Mit diesen Kegelrädern sind Schnurrollen verbunden, über welche Schnüre zur Hülse laufen. Bei der Abweichung vom normalen Gange erfolgt ein Auf- oder Abwickeln der Schnüre und ein Heben oder Senken der Hülse. — Statt der Schnüre stehen auch Schubstangen in Anwendung. — Ein einfacher Flüssigkeitsregulator besteht aus einem mit schraubenförmigen Rippen im Innern versehenen, mit Flüssigkeit gefüllten Gehäuse, in dem eine vertikale Achse eine Schraube rotirt, die bei normaler Tourenzahl in der Flüssigkeit in einer bestimmten Höhe schwimmt, indem sich ihr Gewicht mit dem durch die Schraubenwindungen erzeugten Auftriebe das Gleichgewicht hält. Die Geschwindigkeitsänderung bringt ein Steigen oder Sinken der Schraube und damit die Kraft zur Bewegung des Stellzeuges hervor. — Bei einer anderen Anordnung (Pflüger) setzt eine kleine, von der Kraftmaschine angetriebene Kapselpumpe eine Flüssigkeit in Rotation, wodurch in dem die Pumpe einschliessenden Cylinder eine von der Drehgeschwindigkeit der Pumpe abhängige Pressung hervorgerufen wird, die durch einen Kolben das Stellzeug in Thätigkeit setzt.

Im Anschluss hieran seien noch die sog. hydraulischen und pneumatischen Regulatoren erwähnt. — Das Eigentümliche eines gewöhnlichen hydraulischen Regulators besteht darin, dass mittels einer kleinen Pumpe Wasser in einen Behälter gehoben wird, aus welchem dasselbe durch eine Oeffnung am Boden wieder ausfliesst. Dabei ist die Grösse dieser Oeffnung so bestimmt, dass bei normalem Gange der Maschine der Wasserstand und ein auf dem Wasser liegender Schwimmer in gleicher Höhe bleibt. — Fördert dahingegen die von der Maschine angetriebene Pumpe entsprechend einer Ab- oder Zunahme der Maschinengeschwindigkeit, weniger oder mehr Wasser in den Behälter, so entstehen Schwimmer-Schwankungen, welche von einem Stellzeuge auf das Regulirorgan übertragen werden.

Der pneumatische oder Luftregulator beruht auf der Anwendung eines doppelten Blasbalges, der, von der Antriebsmaschine in Bewegung gesetzt mittels eines, je nach der Geschwindigkeit mehr oder weniger sich hebenden, beweglichen Bodens und einer mit diesem verbundenen Stange nebst eines über Rollen geleiteten Seiles das Regulirorgan (Wasserradschützen) in Thätigkeit setzt.

II. Dynamometrische Regulatoren.

Bei den Geschwindigkeitsregulatoren kann eine Regulirung erst eintreten, nachdem eine Aenderung der Geschwindigkeit und die Ueberwindung der verschiedenen Widerstände der Regulatorteile erfolgt ist. Die dynamometrischen Regulatoren dahingegen gelangen in Thätigkeit, wenn der zu

überwindende Widerstand in der Maschine grösser oder kleiner wird als der mittlere. Es wirkt auf diese Regulatoren also die Widerstandsdifferenz ein, weshalb sie auch Differentialwiderstandsregulatoren heissen.

Ihre gewöhnliche Konstruktion beruht darauf, dass die Achse oder Welle, welche die Nutzarbeit der Kraftmaschine auf die Werkmaschine überträgt, aus zwei Teilen gebildet wird, die eine Verbindung durch eine elastische Kupplung (Federn) erhalten, welche infolge der Veränderung des Widerstandes eine Formänderung durch Verdrehung der Wellen gegen einander erleidet, welche die Regulirung einleitet. Ein auf dieser Anordnung beruhender Regulator (Bourry) ist in Fig. 311 vor Augen geführt. Auf der Antriebswelle a befindet sich fest ein Kegelzahnrad c, welches in die beiden gleichen Kegelzahnräder d und e eingreift, die mit Schildzapfen in der Büchse g drehbar und mit Triebrädern verbunden sind, welche in die Zahnstangen i i eingreifen. Diese Zahnstangen bilden mit der Traverse m m einen Rahmen, an dem eine Hülse n festsitzt, die auf der getriebenen Welle r verschiebbar ist. Dieser Rahmen ist ferner durch zwei Federn s, s mit der Büchse g verbunden, in welcher zugleich die Welle a zentrirt ist und die Welle r festsitzt. Bei der Drehung der Welle a wird daher durch das Rad c mittels der Kupplung aus c, d, e, i i, m, s, s und g die Welle r in dem Augenblicke mitgenommen, wo sich die Federn durch Hinausschieben der Traverse m bis zu einem bestimmten Grade gespannt haben. Sobald nun eine Differenz zwischen Triebkraft und Widerstand auftritt, beginnen die Federn zu spielen, infolgedessen sich auch die Hülse n verschiebt und die Bewegung an einen Stellhebel h überträgt, der mit einer Gabel das um die Hülse gelegte Band p umfasst und die Bewegung auf das Regulirorgan fortpflanzt. Für grosse Triebkräfte stehen statt der Spiralfedern Bogen- oder Kegelschraubenfedern als Stossfedern in Verwendung. Da die dynamometrischen Regulatoren nur bei Veränderung des Widerstandes, nicht aber bei Veränderung der Geschwindigkeit und der Triebkraft reguliren, so stehen sie doch selten in Gebrauch, obwohl ihnen der Vorteil zukommt, schon in Wirkung zu treten, bevor die Geschwindigkeit sich geändert hat.

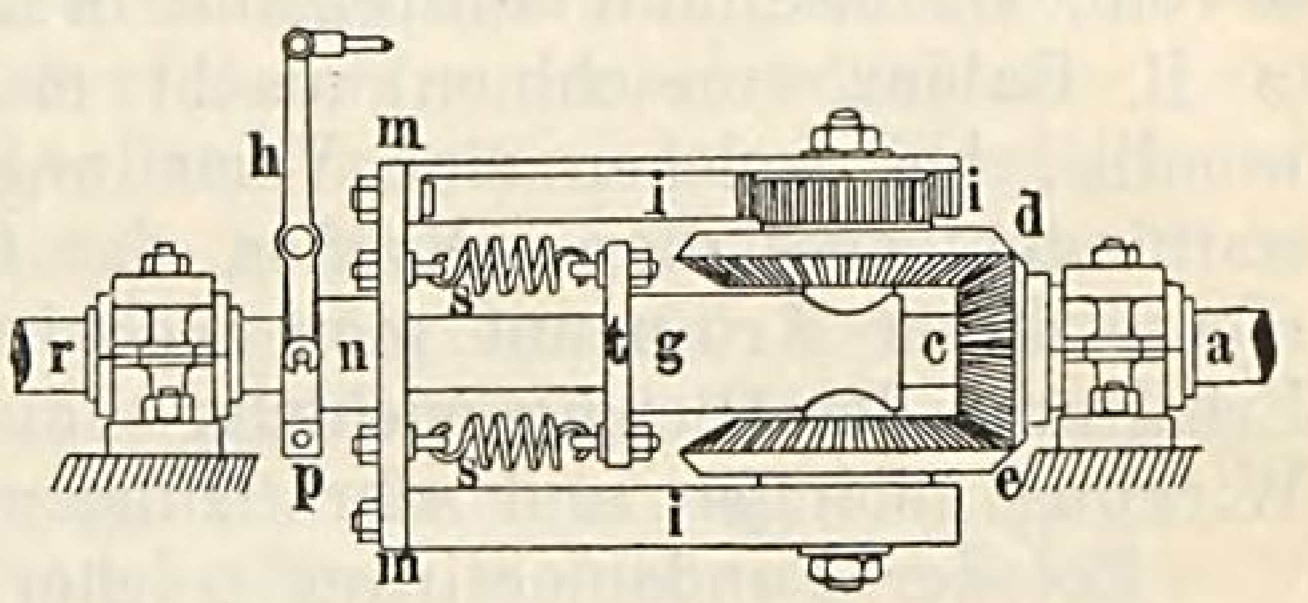


Fig. 311.

Siebenter Abschnitt.

Fundamente.

Die Fundamente haben den Zweck, den Maschinen und Transmissionen einen örtlich bestimmten festen Stand zu geben und zu sichern und bestehen demnach aus den eigentlichen Fundamenten und den Befestigungsteilen.

In einzelnen aber verhältnissmäsig seltenen Fällen dienen die Maschinenfundamente nur zum Tragen der Maschinen, der Haltungen etc. (z. B.

Dampfkessel, Behälter etc.) und werden dann kurz Tragfundamente genannt. In den meisten Fällen ist bei ihrer Anlage auf die unvermeidlichen Bewegungen der Maschinen sowie auf vorübergehende oder dauernde einseitige Belastung Bedacht zu nehmen. Zur Verhütung oder Verminderung der nicht erwünschten Bewegungen genügt die feste Verbindung mit einer entsprechend grossen Masse, deren Trägheit zur Wirkung kommt. Solche Fundamente heissen Massenfundamente und finden zugleich bei Maschinen Verwendung, welche entweder bedeutende Stösse ausüben (Hammerwerke, Stampfwerke und dergl.) oder aufnehmen (Walzwerke, Steinbrecher und dergl).

Die einseitige Belastung von Maschinen (Kranen, Winden und dergl.) sowohl, als bestimmt auftretende in Richtung oder Grösse wechselnde Kräfte (z B. Balanziermaschinen) macht eine Anordnung von Fundamenten notwendig, bei welcher eine Verteilung der Fundamentmasse in der Weise stattfindet, dass diesen Kräften das Gleichgewicht gehalten wird. Fundamente dieser Art nennt man Gewichtfundamente, weil die für die Erhaltung der Gleichgewichtslage dienenden Massenteile als Gewichte zur Wirkung gelangen und sehr häufig auch aus Gewichtstücken bestehen.

Bei der Fundamentirung solcher Maschinen, welche starke Stösse hervorbringen z. B. Dampfhämmer sind Maassregeln auch dahin zu treffen, dass die Wirkung der Stösse auf einen kleinen Raum beschränkt bleibt und sich der weiteren Umgebung insbesondere den Gebäudewänden nicht mitteilt. Zu dem Zwecke wird zwischen dem Fundamentkörper und dem umgebenen Erdreich ein leerer Zwischenraum gelassen und das Fundament auf einer elastischen Unterlage von Holz aufgebaut.

Als Material zur Herstellung der Fundamente ist gebräuchlich Holz, Stein und mitunter Eisen. Ausser den in Gebäuden vorkommenden Balken, die zur Aufstellung und Befestignng kleiner Maschinen vielfach benutzt werden, findet das Holz zum Fundamentbau wegen seiner geringen Widerstandsfähigkeit wenig Verwendung. — Desgleichen hat das Eisen als Fundamentmaterial nur geringe Aufnahme gefunden, hauptsächlich nur bei solchen Maschinen, die schwere Massenfundamente erforderlich machen (Dampfhämmerchabotte).

Das allgemein benutzte Material ist Stein und zwar hauptsächlich in Form von Quadern, Backsteinen (Ziegeln) und Beton. — Quadern aus Sandstein, Granit und dergleichen verdienen überall den Vorzug, wenn sie in grossen Abmessungen zu beschaffen sind. Am häufigsten verwendet man jedoch künstliche Steine und zwar gewöhnliche Ziegel nur für untergeordnete Zwecke, weil ihre Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Aufnahme von Feuchtigkeit in der Regel nicht genügt. Für alle Fundamente, welche Dauerhaftigkeit beanspruchen, sind ausschliesslich die hart gebrannten Steine (Klinker) zu wählen. Neben dem Ziegelmauerwerk ist Zementbeton das wichtigste Material, das namentlich den Vorteil bietet, nach der Herstellung einen einzigen zusammenhängenden Körper von grosser Festigkeit zu bilden, während ein Mauerwerk von Fugen durchzogen ist, die ein Verschieben einzelner Teile viel leichter zulassen.

Beim Aufbau von Fundamenten ist zunächst auf die Grundfeuchtigkeit Rücksicht zu nehmen und bei Anwesenheit einer solchen nur Portlandzement mit reinem gewaschenen Sande (ein Maassteil Zement mit 1 bis 2 Maassteilen Sand) gemischt als Mörtel zu verwenden. In allerdings selten

vorkommendem trockenem Boden genügt auch gewöhnlicher Kalkmörtel; da derselbe erst nach sehr langer Zeit die gehörige Festigkeit erhält, so wird ganz allgemein Zementmörtel vorgezogen.

Je nach der Beschaffenheit des Baugrundes kann man die erste Steinschicht direkt auf die geebnete Sohle legen oder ist gezwungen, eine Unterlage von Zement — oder Betonguss oder selbst einen liegenden Rost aus Balken von etwa 30 *cm* Dicke oder endlich einen Pfahlrost zur Herbeiführung der erforderlichen Tragfähigkeit nach den gewöhnlichen Bauregeln anzuwenden.

Die Befestigung der Maschinen auf dem Fundamente erfolgt entweder unmittelbar mittels Fundamentanker (S. 15) oder unter Benutzung einer Fundamentplatte. Hierunter wird eine gusseiserne Platte verstanden, welche den Zweck hat, das Gewicht der Maschine auf eine grössere Fläche zur Verminderung des Einheitsdruckes zu verteilen, sowie zugleich eine grössere Grundfläche für die Maschine zu gewinnen. Notwendig wird eine solche Platte stets bei Ziegelmauerwerk und grösseren Maschinen. Entbehrlich wird sie bei Maschinen mit grosser Grundfläche, sowie bei Fundamenten aus Quadern und oft auch bei Anwendung von Beton. Die Fundamentplatte erhält ihre Befestigung mittels Anker und ein Bett von Zement sowie durchgehende Löcher für die Befestigungsschrauben und auf der Oberfläche entsprechende Vorsprünge zur Aufnahme und Festkeilung der Maschinen nach Art der Lagerplatte P Figur 31, S. 19.

Für die Aufnahme der Befestigungsanker werden beim Aufmauern der Fundamente die Ankerlöcher in der vorher bestimmten Lage ausgespart; bei Betonfundamenten dadurch gewonnen, dass man an den angemerkten Stellen Holzstücke mit einpresst oder umstampft, welche später herausgezogen werden. Mitunter ist es sehr zweckdienlich, in den Fundamenten Nischen, Gewölbe oder grössere Kanäle anzulegen, welche die unteren Ankerplatten nebst deren Befestigungsteile leicht zugänglich machen.

Zweiter Teil.

Technische Feuerungsanlagen.

Den eigentümlichen und mannigfaltigen Wirkungen, welche die Körper unter dem Einflusse der Wärme zeigen, sowie der Möglichkeit von diesen Wirkungen in ungemein zahlreichen Anwendungsformen Gebrauch machen zu können, verdankt die Wärme in ihrer Beziehung zur industriellen Technik eine Stellung: dass sie als eine Grundlage derselben zu bezeichnen ist.

1. Vor allem hat die Wärme die Eigenschaft in alle Körper einzudringen und alle Körper zu durchdringen.

2. Vermöge dieser Eigenschaft beeinflusst sie die Natur der Körper zunächst in der Weise, dass sie deren Wärmezustand ändert, indem sie deren Temperatur erhöht oder erniedrigt, je nachdem sie demselben zugeführt oder entzogen wird.

3 Im engsten Zusammenhange mit dem Wärmezustande steht der Rauminhalt der Körper, da Beobachtung und Erfahrung ganz allgemein ergeben, dass die Wärmezufuhr die Körper ausdehnt, also den Rauminhalt vergrössert.

4. In sehr vielen Fällen bewirkt die Wärme eine Veränderung des Aggregatzustandes, indem sie z. B. Eis, Metalle, Glas und dergl. zum Schmelzen, Wasser und andere flüchtige Stoffe zum Verdampfen bringt. — Bei zusammengesetzten Körpern ruft sie vielfach eine vollständige Umänderung, eine Zersetzung, derselben unter Bildung neuer Körper hervor (Leuchtgasbereitung, metallurgische Prozesse etc.), in noch anderen Fällen erleichtert oder ermöglicht sie die Vereinigung von Körpern (Zusammenschmelzen der Metalle, Glassätze und dergl.), oder führt sie zu einer Trennung (Verdampfen, Destillation, Trocknen und dergl.)

5. Unter dem stets und überall vorhandenen Bestreben der Ausgleichung breitet sich die Wärme nach allen Richtungen aus, teilt sich allen Körpern mit und besitzt damit die besonders wichtige Eigenschaft sich unausgesetzt fortzupflanzen.

6. Die Ausdehnung der Körper infolge einer Wärmezufuhr beweist die Fähigkeit der Wärme mechanische Arbeit verrichten zu können und ist diejenige Eigenschaft derselben, die umgestaltend auf das ganze Industriewesen eingewirkt, sowie eine grosse Anzahl Wärmekraftmaschinen in's Dasein gerufen hat.

In Anbetracht dieser ebenso wichtigen, als für die Industrie in hohem Grade nutzbringenden Eigenschaften der Wärme, erscheinen ihre Erzeugungs- und Verwendungsformen von solcher Bedeutung, dass auch hier eine Zusammenstellung derselben geboten war.

Zum Träger der Wärme hat sich vorzugsweise das Wasser bewährt, weil es sowohl im flüssigen, als dampfförmigen Zustande bedeutende Wärmemengen aufzunehmen vermag und vermöge seiner natürlichen Eigenschaften leicht nach den Verbrauchsstellen zu beschaffen ist. Aus dem Grunde ist das Verhalten des Wassers der Wärme gegenüber ebenfalls von besonderer Wichtigkeit und demgemäss mit zur Darstellung gelangt.

Nach diesen Gesichtspunkten reihen sich die folgenden Abschnitte aneinander.

Erster Abschnitt.

Verbrennung, Eigenschaften der Wärme; Wasser, Wasserdampf.

Die gewerblichen Feuerungsanlagen dienen zur Erzeugung und Abgabe von Wärme für gewerbliche Verrichtungen. — Die erzeugte Wärme wird dabei entweder direkt an die Körper abgegeben, welche aus irgend einem Grunde z. B. zum Zwecke der Verarbeitung (Schmelzen, Schmieden, Abdampfen, chemische Einwirkungen etc.) Wärme aufnehmen sollen, oder ihre Abgabe wird durch Wärmeträger (Wasser, Dampf, Luft etc.) vermittelt, oder sie kann durch gleichzeitige Anwendung bzw. Verbindung beider Nutzungsformen (Trocknen durch erwärmte Luft oder heisse Körper und dergl.) Verwertung finden.

Der Wärmegrad oder die Temperatur, welche bestimmte Verwendungszwecke bedingen, ist ausserordentlich verschieden und wird vielfach nach dem Vorgange benannt, der die Folge einer Wärmezuführung ist (Verdampfungs-, Entzündungs-, Erstarrungs-, Siede-, Verbrennungs-, Kondensations- u. s. w. Temperatur).

Erstes Kapitel.

Verbrennung, Eigenschaften der Wärme (Brennstoffe, Wärmemessung).

Im allgemeinen wird die in den Gewerben gebrauchte Wärme durch Verbrennen gewisser Stoffe (Brennstoffe) hervorgebracht, indem diese einem Prozesse unterworfen werden, wobei sie sich unter Entwicklung von Wärme mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Hierbei unterscheidet man unvollständige und vollständige Verbrennung, je nachdem sie dabei eine niedrige oder höhere (auch einzig mögliche) Oxydationsstufe erreichen. — Eine unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffs liefert Kohlenoxyd, eine vollständige Verbrennung desselben Kohlensäure. — Da die vollständige Verbrennung die höchste Ausbeute an Wärme liefert, so wird sie in der Regel angestrebt. — In einzelnen Fällen findet neuerdings auch die in Wärme umgesetzte Elektrizität Anwendung.

Die zur Wärmeerzeugung in Betracht kommenden Brennstoffe sind:

1. feste = Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle.
2. flüssige = Erdöl, Teer.
3. gasförmige = Wassergas (ein Gemisch von Wasserstoff und Kohlenoxyd) Kohlenwasserstoffgase, Kohlenoxydgas (Gichtgas).

Da freier Sauerstoff für den in Rede stehenden Zweck nicht zur Verfügung steht, so erfolgt der Verbrennungsprozess mit Hilfe des Sauerstoffs der Luft und zwar ist theoretisch erforderlich

zu einer unvollständigen	Verbrennung	von	1 *kg*	Kohlenstoff:	5,7 *kg* Luft
,, ,, vollständigen	,,	,,	1 ,,	,,	11,4 ,, ,,
zur Verbrennung		,,	1 ,,	Wasserstoff:	34,4 ,, ,,

Der Heizwert der Brennmaterialien hängt natürlich ab von der Wärmemenge, welche dieselben beim Verbrennen (Verbrennungswärme) zu entwickeln vermögen. Um diese Menge zu messen bedient man sich der Wärmeeinheiten (Kalorien, *WE*) und versteht unter 1 Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge, welche einer Wassermenge von 1 *l* oder 1 *kg* zuzuführen ist, um diese von 0° auf 1° C zu erwärmen. Darnach ist der Heizwert eines Brennmaterials diejenige Anzahl von *WE*, welche 1 *kg* dieses Materials bei vollständiger Verbrennung entwickelt. — Im Durchschnitte kann man die in folgender Tabelle enthaltenen Werte zur Grundlage nehmen.

Tabelle einiger Heizwerte.

1 *kg*	Holz (trocken)	entwickelt	4000	*WE*
1 ,,	Holz (0,10 Wasser)	,,	3600	,,
1 ,,	Holz (0,20 ,,)	,,	3200	,,
1 ,,	Torf	,,	4500	,,
1 ,,	Braunkohle	,,	5500	,,
1 ,,	Steinkohle	,,	7000	,,
1 ,,	Erdöl	,,	10500	,,
1 ,,	Kohlenoxydas	,,	2428	,,
1 ,,	Leuchtgas	,,	11580	,,
1 ,,	Wasserstoff	,,	34462	,,
1 ,,	Kohlenstoff zu Kohlenoxyd	,,	2417	,,
1 ,,	Wassergas	,,	4546	,,
1 ,,	Koks	,,	7000	,,

Verbrennt 1 *kg* Kohlenstoff zu Kohlenoxyd, so werden entwickelt: 2417 *WE*; dabei entsteht $2^1/_3$ *kg* Kohlenoxyd; indem dieses zu Kohlensäure verbrennt, werden $2^1/_3 \times 2428 = 5665^1/_3$ *WE* frei. Demnach muss 1 *kg* Kohlenstoff direkt zu Kohlensäure verbrannt $2417 + 5665^1/_3 = 8082^1/_3$ *WE* liefern. Hierbei ist an den Satz von der Konstanz der Wärmesummen zu erinnern, nach welchem die erzeugte Wärmemenge stets dieselbe bleibt, ob die Verbrennung auf einmal oder in beliebigen Abstufungen stattfindet. — Desgleichen lässt sich diese Menge auch bei zusammengesetzten Brennstoffen leicht ermitteln, indem man die in 1 *kg* derselben enthaltenen Stoffe nach ihrem Gewichtsanteil bestimmt und die diesem Anteil entsprechenden *WE* addirt.

Selbstverständlich unterliegen die obigen Zahlen vielfachen Abweichungen je nach der Reinheit, dem Wassergehalte u. s. w. der Brennstoffe, weshalb es ratsam ist, beim Verbrauch grosser Brennstoffmengen auf kalorimetrischem Wege den Heizwert direkt ausfindig zu machen. In vielen derartigen Fällen der Praxis, in welchen der theoretische Heizwert niemals erreicht werden kann, z. B. bei Dampfkesselanlagen, bestimmt man diejenige Brennstoffmenge, welche erforderlich ist, um 1 *kg* Wasser zu verdampfen oder gewöhnlicher diejenige Wassermenge, welche von 1 *kg* Brennstoff verdampft wird (Verdampfungskraft). Das Verhältnis zwischen der gefundenen und der theoretischen Verdampfungskraft giebt den Wirkungsgrad der

Feuerungsanlage. Findet man z. B., dass 1 *kg* Brennstoff 6 *kg* Wasser verdampft, während derselbe unter denselben Verhältnissen 8 *kg* Wasser zu verdampfen theoretisch im Stande wäre, so ist der Wirkungsgrad oder Nutzeffekt 6 : 8 = 75 Prozent.

Als theoretische Verdampfungskraft gilt diejenige Zahl, welche angiebt wie viel *kg* Wasser von 0° in Dampf von 100° C unter der Voraussetzung verwandelt wird, dass das ganze Wärmevermögen des in Frage stehenden Brennstoffes dazu verwendet werden würde d. h. dass weder durch Strahlung noch sonstige Einflüsse Wärme verloren ginge In folgender Tabelle sind einige bei Dampfkesselanlagen gefundene Ergebnisse zusammengestellt, welche als Anhaltspunkte für die Beurteilung des Unterschieds zwischen theoretischem Verdampfungsvermögen E und wirklicher Verdampfung D in 1 *kg* Wasser bei Heizvermögen in *WE* dienen können.

Brennstoff	*WE*	E	D
Lufttrockenes Holz	2731	4,3	3,0
Lufttrockener Torf	2743	4,3	3,0
Lufttrockene Braunkohle	4176	6,6	3,0
Steinkohle	7483	11,8	6,5
Holzkohle	7034	11,0	8,0
Koks	7065	11,1	7,0

Wie weit die Leistungen von einander abweichen, geht unter anderem aus der Thatsache hervor, dass Steinkohlen bester Sorte bei guten Feuerungsanlagen 9 bis 10 *kg* Wasser verdampfen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass Verdampfungsversuche stets nur für den einzelnen Fall maassgebend sein können.

Da die Wärme sämtliche Körper ausdehnt und die Grösse der Ausdehnung in solchem Zusammenhange mit der Temperaturänderung steht, dass sie dieser für gewöhnlich proportional angenommen werden kann, so dient die Ausdehnung eines Körpers als einfaches Mittel zur Angabe der Wärmegrade oder Temperaturen in der Anordnung der Thermometer. Allgemein eingeführt ist das Quecksilberthermometer, in welchem ein in ein luftleeres Glasrohr eingeschlossener Quecksilberfaden der zu messenden Wärme ausgesetzt, eine dieser entsprechende Ausdehnung annimmt. Als feste Punkte verwendet man leicht und sicher herzustellende Temperaturen und zwar entweder die Temperatur einer Kältemischung aus Schnee, Kochsalz und Salmiak (Fahrenheit) oder diejenige des schmelzenden Eises (Celsius, Réaumur) als untere Nullpunkte, und diejenige der Wärme des menschlichen Körpers (Fahrenheit) oder des bei 760 *mm* Luftdruck siedenden Wassers (Celsius, Réaumur) als obere Punkte. Die Zwischenräume zwischen beiden Punkten werden entweder in 96 (F) oder 100 (C) oder 80 (R) Grade eingeteilt und diese Grade in gleichen Längen unter dem Nullpunkt (—°) und über dem oberen Punkt beliebig fortgesetzt. Auf diese Weise entstehen die drei bekannten Thermometerskalen, welche zum Vergleiche in nebenstehender Tabelle zusammengestellt sind und wovon die gebräuchlichste die hundertteilige (Celsius) ist.

Thermometer-Skalen.

n Grad Celsius = 32 + $^9/_5$ n Grad Fahrenheit = $^4/_5$ n Grad Réaumur.
n Grad Réaumur = 32 + $^9/_4$ n Grad Fahrenheit = $^5/_4$ n Grad Celsius.
n Grad Fahrenh. = $^5/_9$ (n — 32) Grad Cels. = $^4/_9$ (n — 32) Grad Réaumur.

Tabelle zur Vergleichung der Thermometergrade.

C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R	F
—20	—16	—4	23	18,4	73,4	66	52,8	150,8	109	87,2	228,2
—19	—15,2	—2,2	24	19,2	75,2	67	53,6	152,6	110	88,0	230,0
—18	—14,4	—0,4	25	20,0	77,0	68	54,4	154,4	111	88,8	231,8
—17	—13,6	1,4	26	20,8	78,8	69	55,2	156,2	112	89,6	233,6
—16	—12,8	3,2	27	21,6	80,6	70	56,0	158,0	113	90,4	235,4
—15	—12,0	5,0	28	22,4	82,4	71	56,8	159,8	114	91,2	237,2
—14	—11,2	6,8	29	23,2	84,2	72	57,6	161,6	115	92,0	239,0
—13	—10,4	8,6	30	24,0	86,0	73	58,4	163,4	116	92,8	240,8
—12	— 9,6	10,4	31	24,8	87,8	74	59,2	165,2	117	93,6	242,6
—11	— 8,8	12,2	32	25,6	89,6	75	60,0	167,0	118	94,4	244,4
—10	— 8,0	14,0	33	26,4	91,4	76	60,8	168,8	119	95,2	246,2
— 9	— 7,2	15,8	34	27,2	93,2	77	61,6	170,6	120	96,0	248,0
— 8	— 6,4	17,6	35	28,0	95,0	78	62,4	172,4	121	96,8	249,8
— 7	— 5,6	19,4	36	28,8	96,8	79	63,2	174,2	122	97,6	251,6
— 6	— 4,8	21,2	37	29,6	98,6	80	64,0	176,0	123	98,4	253,4
— 5	— 4,0	23,0	38	30,4	100,4	81	64,8	177,8	124	99,2	255,2
— 4	— 3,2	24,8	39	31,2	102,2	82	65,6	179,6	125	100,0	257,0
— 3	— 2,4	26,6	40	32,0	104,0	83	66,4	181,4	126	100,8	258,8
— 2	— 1,6	28,4	41	32,8	105,8	84	67,2	183,2	127	101,6	260,6
— 1	— 0,8	30,2	42	33,6	107,6	85	68,0	185,0	128	102,4	262,4
0	0	32,0	43	34,4	109,4	86	68,8	186,8	129	103,2	264,2
1	0,8	33,8	44	35,2	111,2	87	69,6	188,6	130	104,0	266,0
2	1,6	35,6	45	36,0	113,0	88	70,4	190,4	131	104,8	267,8
3	2,4	37,4	46	36,8	114,8	89	71,2	192,2	132	105,6	269,6
4	3,2	39,2	47	37,6	116,6	90	72,0	194,0	133	106,4	271,4
5	4,0	41,0	48	38,4	118,4	91	72,8	195,8	134	107,2	273,2
6	4,8	42,8	49	39,2	120,2	92	73,6	197,6	135	108,0	275,0
7	5,6	44,6	50	40,0	122,0	93	74,4	199,4	136	108,8	276,8
8	6,4	46,4	51	40,8	123,8	94	75,2	201,2	137	109,6	278,6
9	7,2	48,2	52	41,6	125,6	95	76,0	203,0	138	110,4	280,4
10	8,0	50,0	53	42,4	127,4	96	76,8	204,8	139	111,2	282,2
11	8,8	51,8	54	43,2	129,2	97	77,6	206,6	140	112,0	284,0
12	9,6	53,6	55	44,0	131,0	98	78,4	208,4	141	112,8	285,8
13	10,4	55,4	56	44,8	132,8	99	79,2	210,2	142	113,6	287,6
14	11,2	57,2	57	45,6	134,6	100	80,0	212,0	143	114,4	289,4
15	12,0	59,0	58	46,4	136,4	101	80,8	213,8	144	115,2	291,2
16	12,8	60,8	59	47,2	138,2	102	81,6	215,6	145	116,0	293,0
17	13,6	62,6	60	48,0	140,0	103	82,4	217,4	146	116,8	294,8
18	14,4	64,4	61	48,8	141,8	104	83,2	219,2	147	117,6	296,6
19	15,2	66,2	62	49,6	143,6	105	84,0	221,0	148	118,4	298,4
20	16,0	68,0	63	50,4	145,4	106	84,8	222,8	149	119,2	300,2
21	16,8	69,8	64	51,2	147,2	107	85,6	224,6	150	120,0	302,0
22	17,6	71,6	65	52,0	149,0	108	86,4	226,4	151	120,8	303,8

Die Quecksilberthermometer sind nur verwendbar zwischen der Temperatur, bei welcher das Quecksilber gefriert (— 40° C) und derjenigen, bei welcher es siedet (350° C). In der Regel benutzt man sie nur zwischen den Temperaturen — 35 und + 250° C. Zwischen + 250 bis 350° C. stehen Thermometer mit Stickstofffüllung in Gebrauch.

Zur Bestimmung hoher Temperaturen bedient man sich der Pyrometer, die sehr verschieden konstruirt sind, aber grösstenteils auf der Ausdehnung fester Metalle, auf der Schwindung des Thones (Wedgwood) auf der Kenntnis der Schmelzpunkte von Legirungen, oder der Ausdehnung der Luft (Luftpyrometer) oder der Wärmekapazität eines Körpers (s. u.) (Kalorimetrisches Pyrometer) beruhen.

In der Technik ist es vielfach gebräuchlich die Wärmegrade nach den Lichterscheinungen anzugeben, die gewissen Temperaturen angehören, wie folgende Uebersicht zeigt.

Temperatur bei verschiedenen Wärme-Bezeichnungen.

	Grad C.		Grad C.
Im Dunkeln rotglühend	525	Dunkelorange	1100
Dunkelrot	700	Hellorange	1200
Dunkelkirschrot . . .	800	Weissglühend . . .	1300
Kirschrot	900	Schweisshitze . . .	1400
Hellkirschrot	1000	Blendendweiss . . .	1500

Die Temperaturen steigen um so höher, je schneller unter sonst gleichen Umständen die Verbrennung erfolgt; hieraus erklärt sich die Wahrnehmung, dass die höchsten Temperaturen beim Verbrennen in Sauerstoff entstehen und dass zusammengedrückte oder mit grosser Geschwindigkeit den Brennstoffen zugeführte Luft die Temperaturen erhöhen, indem sie eine lebhaftere Verbrennung hervorbringen. — Naturgemäss findet auch eine Steigerung der Temperatur statt, wenn nach Möglichkeit Alles vermieden wird, was eine Ableitung der Wärme durch Leitung, Strahlung, nicht beabsichtige Einwirkung auf andere Stoffe und dergl. verhindert. Auch aus diesem Grunde z. B. fördert das Verbrennen in freiem Sauerstoff die Temperaturen, weil hierbei der Stickstoff der Luft nicht mit erwärmt zu werden braucht. Deshalb ist trockenes Brennmaterial nassem vorzuziehen, weil bei letzterem das Wasser verdampft werden muss und dadurch Wärme verbraucht u. s. w.

Die Erwärmung eines Körpers durch eine gewisse Wärmezufuhr ist nicht nur von seiner Masse sondern auch von der Substanz abhängig, aus welcher er besteht. Dieser Abhängigkeit entsprechend bezeichnet man diejenige Wärmemenge, welcher 1 *kg* eines Körpers bedarf, um sich um 1 ° C zu erwärmen als spezifische Wärme oder Wärmekapazität. Weil nun eine Kalorie diejenige Wärmemenge bedeutet, welche 1 *kg* Wasser von 0^0 auf 1^0 erwärmt, so ist die spezifische Wärme des Wassers = 1. Diejenige Wärmemenge Q, welche erforderlich ist, um einen Körper von G *kg*, dessen spezifische Wärme c ist, um t^0 zu erwärmen, beträgt demnach in Kalorien:

$$Q = G c t$$

Folgende Tabelle enthält die spezifische Wärme einer Anzahl der gebräuchlichen Stoffe.

Tabelle der spezifischen Wärme.

1) für feste und flüssige Körper.		2) für Gase bei konstantem Drucke.	
Antimon	0,0508	Atm. Luft	0,2375
Asche	0,2	Kohlensäure	
Blei	0,0314	10—100° . . .	0,20246
Glas	0,1777	10—150° . . .	0,20914
Kupfer	0,0952	10—200° . . .	0,21564
Messing	0,0939	10—250° . . .	0,22197
Quecksilber	0,0333	10—300° . . .	0,22812
Schmiedeisen	0,1138	10—350° . . .	0,23409
Roheisen	0,1298	Kohlenoxyd	0,2450
„ zw. 0° u. 200° .	0,13	Stickstoff	0,2438
„ „ 0° u. 1200° .	0,16	Sauerstoff	0,21751
„ flüssig	0,25	Schwefelsäure . . .	0,15531
Silber . . , . . .	0,0570	Wasserdampf	0,48051
Stahl	0,1185	Wasserstoff	0,4090
„ Bessemer flüss. .	0,207	Sumpfgas	0,5929
Schlacken „ „ . .	0,33		
Ziegel, feuerf.	0,2083		
Zink	0,0956		
Zinn	0,0562		
Alkohol, abs.	0,7000		
Wasser	1,000		

Aus der Gleichung $Q = G\,c\,t$ ergiebt sich für $G = 1$ *kg* die Beziehung $t = Q : c$ und damit die Formel zur Berechnung der Temperatur durch Division der Wärmemenge mit der spez. Wärme des Verbrennungsproduktes. Verbrennt z. B. 1 *kg* Kohle in Sauerstoff zu Kohlensäure, so entstehen $3^2/_3$ *kg* Kohlensäure und 8083 *WE.* Da nun die spezifische Wärme der Kohlensäure bei 200° gleich 0,21564 ist, so ergiebt sich

$$t = \frac{8083}{3^2/_3 \,.\, 0{,}21564} = 10229^0\ \mathrm{C}$$

Verbrennt dahingegen Kohle in atmosphärischer Luft, so sind ausserdem noch 8,93 *kg* Stickstoff mit der spezifischen Wärme 0,2438 zu erwärmen, so dass

$$t = \frac{8083}{3^2/_3 \,.\, 0{,}2156 + 8{,}93 \,.\, 0{,}2438} = 2720^0\ \mathrm{C}$$

wird.

Führt man Stoffen, welche die Eigenschaft haben ohne Zersetzung durch Zuführung oder Entziehung von Wärme ihren Aggregatzustand zu ändern (Eis, Wasser, Dampf, Metalle, Glas, Wachs u. s. w.), Wärme zu, so erhöht sich deren Temperatur nur bis zu demjenigen Grade, bei welchem diese Veränderung (Flüssigwerden: Schmelzen) vor sich geht und bleibt trotz weiterer Wärmezufuhr auf dieser Höhe so lange stehen, bis die ganze Stoffmenge in den flüssigen Zustand übergegangen ist. Diejenige Wärme, welche demnach dem Stoffe ohne Temperaturerhöhung zum Zwecke des Schmelzens zuzuführen ist, nennt man Schmelzwärme, oder auch, da man sie als von dem Stoffe verschluckt betrachten kann, gebundene oder latente Wärme. — Geht der flüssige Körper durch Abkühlung in die feste Form zurück, so wird dieselbe Wärme wieder frei (freie Wärme). — Die bei dem Uebergang eines Stoffes aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand verbrauchte Wärme heisst entsprechend Verdampfungswärme. — Die Temperaturen, bei welchen diese Veränderungen vorgehen, sind die Schmelz-, (Erstarrungs-) und die Ver-

dampfungs- (Kondensations-) Temperaturen. — Die Schmelzpunkte und die Schmelzwärmen d. h. die Anzahl von *WE*, welche zur Schmelzung von 1 *kg* eines Körpers erforderlich, sind bei den verschiedenen Körpern sehr verschieden, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist.

Schmelzpunkte (a) und Schmelzwärmen (b) versch. Körper.

Benennung	a Gr.-C.	b *WE*	Benennung	a Gr.-C.	b *WE*
Antimon	432	—	Platin	1775	—
Blei	330	—	Quecksilber	— 39	2,82
Eis	0	80	Schmiedeisen	1600	—
Flusstahlschlacke	—	46	Schwefel	115	9,40
Hohofenschlacke	—	50	Silber	1000	21,10
Gusseisen, weiss	1050	34	Stahl, 1300 bis	1400	—
dto. grau	1200	23	Salpeter, Kali	339	47,40
Messing	900	—	dto. Natron	310,5	63,00
Nickel 1500 bis	1600	—	Wismuth	270	12,40
Kupfer	1100	30	Zink	433	28,13
Phosphor	44	5	Zinn	235	14,25

Zweites Kapitel.

Wärmeübertragung.

Infolge der Bewegung, welche die Wärme besitzt, ist die Möglichkeit gegeben, dass die Wärme nicht nur von einem Teile eines Körpers auf einen anderen Teil desselben, sondern auch von einem Körper auf einen anderen übergeführt werden kann. Erfolgt diese Ueberführung oder Mitteilung direkt von einem Körperteilchen auf ein anderes oder von einem Körper auf einen anderen bei Berührung derselben, so nennt man sie Wärmeleitung gegenüber der Wärmestrahlung, unter der eine Uebertragung in der Entfernung verstanden wird.

Der Bewegung der Wärme liegt das Bestreben nach Ausgleichung der Temperaturen zu Grunde. Demnach erfolgt die Leitung stets in der Weise, dass der Wärmeüberschuss eines Teiles sich den anderen Teilen mitteilt, von Teilchen zu Teilchen fortschreitend, bis die Temperatur überall die gleiche Höhe erhalten hat. Während dieses Ueberganges verfliesst eine bestimmte messbare Zeit, deren Grösse unter sonst gleichen Umständen insbesondere von der Natur der Körper abhängt.

Man unterscheidet ferner äussere Leitung als Uebergang der Wärme von einem Körper (Wärmequelle) zum anderen und innere Leitung als das Vorschreiten der Wärme innerhalb eines Körpers. Das Wärmeleitungsvermögen bei äusserer Leitung ist diejenige Wärmemenge k, welche bei der Berührung zweier verschieden warmer Körper in der Zeiteinheit (1 Minute) durch die Flächeneinheit (1 *qm*) für je 1° C Temperaturunterschied vom wärmeren zum kälteren übergeht. Das Wärmeleitungsvermögen bei innerer Leitung dahingegen ist diejenige Wärmemenge l, welche in der Zeiteinheit (1 Minute) durch einen Querschnitt von 1 *qm* desselben Körpers hindurch geht, wenn je 2 Querschnitte im Abstande von 1 *cm* einen Temperaturunterschied von 1° C zeigen würden.

Es ist demnach die Uebergangswärme Q von einem Körper zum anderen bei einer Berührungsfläche F und Temperaturdifferenz $t - t_1$ durch die Gleichung zu finden

$$Q = k F (t - t_1)$$

während die Gleichung für die Leitung bei einer Entfernung beziehungsweise Dicke D zu schreiben ist:

$$Q = l F \frac{t - t_1}{D}$$

Die Grössen k und l bilden die von der Natur der Körper abhängigen und durch Versuche zu bestimmenden Leitungsvermögen oder Koeffizienten der äusseren und inneren Leitung, nach deren Werten man gute und schlechte Wärmeleiter unterscheidet. Die folgende Tabelle enthält Angaben über die Koeffizienten der inneren Leitung einiger gebräuchlicher Materialien bezogen auf eine Stunde und 1 *qm*.

Tabelle der Wärmeleitungskoefficienten.

Silber	74	Grauer Marmor	3,48	Eichenholz	0,21
Kupfer	69	Feinkörniger Kalkstein	1,83	Tannenholz	0,12
Eisen	28	Glas	0,80	Kork	0,14
Zink	28	Gyps	0,33	Baumwolle	0,04
Zinn	22	Gebrannter Thon	0,60	Wolle	0,044
Blei	14	Quarzsand	0,27	Papier	0,043
Graphit	5	Kieselguhrkomposition	0,136	Seide	0,045

Wenn einerseits in der Wärmeleitung die Möglichkeit gegeben ist, einen Körper durch einen anderen zu erwärmen, so bietet dieselbe andererseits das Mittel, einem Körper Wärme zu entziehen, also abzukühlen. — Hierauf beruht u. a. die Kondensation des Wasserdampfes durch Berührung mit guten Wärmeleitern (Eisen).

Desgleichen ist hierauf die Wirkung der schlechten Wärmeleiter zum Schutze gegen Abkühlung und Erwärmung (Seite 94) zurück zu führen.

Erfolgt die Mitteilung der Wärme von einem Körper auf einen anderen in einem Abstande derselben, so heisst dieser Vorgang Wärmestrahlung. Die hierbei übermittelte Wärmemenge hängt von der Zeit, von der Beschaffenheit, Grösse und Neigung der Flächen, sowie von der Temperatur des ausstrahlenden Körpers ab. Rauhe und hoch erhitzte Oberflächen strahlen mehr Wärme aus als blanke und wenig erhitzte Flächen.

Die Fähigkeit der Körper die strahlende Wärme aufzunehmen (zu absorbiren) ist ausserordentlich verschieden, indem es einerseits Körper giebt, die sämtliche Strahlen absorbiren und deshalb vollkommen wärmeundurchlässig und andererseits solche, welche gar keine Wärme absorbiren und daher vollkommen durchlässig sind. Die Erscheinung des Durchganges nennt man Durchstrahlung und die Körper, welche letztere gestatten, durchlässig (diatherman), gegenüber den undurchlässigen (atherman).

Drittes Kapitel.

Wasser, Wasserdampf; Wasserreinigung.

Das Wasser gehört zu den wichtigsten Roh- und Gebrauchstoffen der Technik. Seinem grossen Lösungsvermögen für zahlreiche, in der chemischen

Industrie verwendete Stoffe (Chemikalien, Farbstoffe, Zucker u. s. w.) sowie seiner Brauchbarkeit zum Reinigen (Waschen, Kochen etc.), zum Trennen und Sortiren (Schlämmen, Siebsetzen, Auslaugen und dergl.) zum flüssigmachen gewisser Stoffe zum Zwecke der Verarbeitung (Papier, Stärke, Thon u. s. w.) und zu zahlreichen anderen Bedürfnissen verdankt das Wasser auch eine weitgehende Verwendung in den mechanischen Industrien.

Eine besonders hohe Bedeutung für die Technik besitzt jedoch das Wasser als Träger der Wärme sowohl im flüssigen, als namentlich im Zustande des Wasserdampfes.

I. Wasser und Wasserdampf.

Aus 8 Gewichtsteilen Sauerstoff und 1 Gewichtsteil Wasserstoff zusammengesetzt, tritt das Wasser je nach Umständen im festen, flüssigen und gasförmigen Zustande als Eis, Wasser und Wasserdampf auf und zwar je nach dem Drucke und der Temperatur unter welchen es sich befindet, so dass durch Zuführung von Wärme Eis in Wasser und Wasser in Dampf und umgekehrt durch Entziehung von Wärme Dampf in Wasser und Wasser in Eis zu verwandeln ist.

Der freien Luft ausgesetzt, verflüchtigt sich das Wasser bei jeder Temperatur (Verdunstung); nach Zuführung von Wärme steigert sich die Verdunstung und geht in Verdampfung über.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. in offenen Gefässen ist diese Wärmezufuhr begrenzt, indem das Wasser nur bis zu derjenigen Temperatur erwärmt werden kann, welche man die Koch- oder Siedetemperatur (Koch- oder Siedepunkt) nennt und deren Eintritt sich durch eine heftige Bewegung des Wassers (Kochen, Sieden) zu erkennen giebt.

Verdunstung und Verdampfung hängen wesentlich auch von dem Drucke ab, unter welchem das Wasser sich befindet und zwar in der Weise, dass sie um so grösser werden, je kleiner der Druck und umgekehrt. Daraus folgt u. a. die erhöhte Verdampfung im luftverdünnten Raume (sog. Vakuum) und eine erschwerte Dampfbildung bei grösserem Luftdrucke. Bei konstantem Drucke ist auch die Siedetemperatur stets dieselbe; die Temperatur, welche demnach das Wasser in einem offenen Gefässe annehmen kann und die dem gewöhnlichen Atmosphärendrucke (S. 152) entspricht, muss daher auch bei einem bestimmten Barometerstande stets gleich sein. (Da nun desgleichen der Schmelzpunkt des Eises unabänderlich ist und dieser sowohl als der Siedepunkt des Wassers leicht überall erhalten werden kann, so dienen deshalb diese zwei Temperaturen als Endpunkte der gebräuchlichen Thermometerskalen).

Während eine Temperaturerhöhung des Wassers über 100° C. bei keiner noch so grossen Zufuhr von Wärme erfolgen kann, so lange das Wasser sich in offenen Gefässen befindet, so tritt dieselbe dahingegen sofort unter erhöhter Dampfentwicklung ein, wenn die Gefässe geschlossen sind. Enthält das geschlossene Gefäss nur Wasser und Dampf, so veranlasst jede Temperaturerhöhung auch eine Vermehrung der Dampfbildung unter Zunahme des Druckes (Dampfspannung). Stets entspricht unter diesen Umständen, d. h. bei Wärmezufuhr unter konstantem Volumen, die gebildete Dampfmenge sowie deren Spannung und Dichtigkeit der vorhandenen

Temperatur. Weil dabei die Dampfmenge nur eine ganz bestimmte Menge Wasser enthalten kann, so nennt man solchen Dampf gesättigt. Wird nun dieser gesättigte Dampf ohne Zufuhr von Wasser z. B. in einem besonderen geschlossenen Gefässe ohne Raumveränderung weiter erwärmt, so zeigt derselbe das Verhalten der Gase d. h. es steigt seine Spannung ohne Veränderung seiner Dichtigkeit mit der Temperaturzunahme. Solcher Dampf besitzt demgemäss eine höhere Temperatur als gesättigter Dampf und heisst deshalb überhitzt. — Giebt man dahingegen dem gesättigten Dampfe während der Wärmezufuhr Gelegenheit sich durch Vergrösserung des Dampfraumes auszudehnen, so verhält sich derselbe unter Voraussetzung einer gleichbleibenden Temperatur ebenfalls wie überhitzter Dampf. Allgemein hat als überhitzter Dampf daher derjenige Dampf zu gelten, der bei gleicher Dichtigkeit (konstantem Volumen), eine höhere Temperatur oder bei konstanter Temperatur eine geringere Dichtigkeit als gesättigter Dampf besitzt. — Da bei der Abscheidung des Dampfes aus dem Wasser durch Aufsteigen unvermeidlich feine Wasserteilchen mitgerissen werden und sich schwebend im Dampfe erhalten, so bildet letzterer ein Gemisch von Dampf und Wasser und wird aus dem Grunde nasser Dampf genannt, gegenüber dem trockenen Dampfe, in dem kein Wasser vorhanden ist. Da durch Erhöhung der Dampftemperatur auch das mitgerissene Wasser in Dampf verwandelt wird, so lässt sich auf diese Weise nasser Dampf trocknen.

Die Erzeugung des Wasserdampfes zerfällt gewissermaassen in zwei Abschnitte, indem zuerst eine Erwärmung des Wassers bis zum Siedepunkt (100° C.) und darauf die Ueberführung des siedenden Wassers in Dampf stattfindet. Jeder dieser beiden Abschnitte erfordert eine ganz bestimmte Wärmemenge; letztere tritt aber in jedem derselben verschieden auf. In dem ersten Abschnitt bringt die zugeführte Wärme eine Temperaturerhöhung hervor, die mit dem Thermometer gemessen wird, dem Begriffe der fühlbaren Wärme entspricht und als Flüssigkeitswärme bezeichnet werden kann. In dem zweiten Abschnitt dahingegen verrichtet die Wärme Arbeit, indem sie die Kohäsion der Wasserteilchen aufhebt und den Druck überwindet. Die hierzu verwendete Wärme äussert sich daher ausschliesslich in dieser Umwandlung des Wassers und kann deshalb nicht noch in anderer Form also auch nicht in der Form einer Temperaturerhöhung auftreten; sie entspricht demnach dem Begriffe der gebundenen oder latenten Wärme und wird im vorliegenden Fall Verdampfungswärme genannt.

Zur Erwärmung von 1 *kg* Wasser auf 100° C. ist (S. 274) eine Wärmemenge von 100 *WE* notwendig. Auf Grund angestellter Versuche beträgt diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist um 1 *kg* Wasser von 100° C. in Dampf von einer Atmosphärenspannung also in Dampf von 100° zu verwandeln 537 *WE*. Die Gesamtwärmemenge Q, die also aufgewendet werden muss, um 1 *kg* Wasser von 0° in Dampf von 100° zu verwandeln beträgt $100 + 537 = 637$ *WE*.

Zur Ueberführung des Dampfes in grössere Spannungen muss selbstverständlich eine weitere Wärmezufuhr stattfinden. Diese ist jedoch im Verhältnisse zu derjenigen Wärmemenge, welche die eigentliche Dampfbildung verursacht, sehr klein, da z. B. zur Erzeugung einer Dampfspannung von 10 Atm. nur noch 25 *WE* aufzuwenden sind. Die aus der Flüssigkeitswärme und Verdampfungswärme zusammengesetzte Wärmemenge zur Er-

zeugung eines Wasserdampfes von verschiedenen Spannungen p entsprechend den Temperaturen t, wird die totale Verdampfungswärme genannt und für 1 *kg* aus der Formel berechnet:

$$Q = 606{,}5 + 0{,}305\ t.$$

Daraus ergiebt sich also z. B. für $t = 100^0$

$$Q = 637\ WE.$$

Diejenige Wärmemenge, welche das Wasser als Flüssigkeitswärme bis zu der Temperatur t aufnimmt, berechnet sich genau aus der Formel

$$q = t + 0{,}00002\ t^2 + 0{,}0000003\ t^3.$$

Zieht man diese Menge von der Gesamtmenge Q ab, so erhält man die Verdampfungswärme

$$r = Q - q = (606{,}5 + 0{,}305\ t) - (t + 0{,}00002\ t^2 + 0{,}0000003\ t^3)$$

$$\text{also } r = 606{,}5 - 0{,}695\ t - 0{,}00002\ t^2 - 0{,}0000003\ t^3)$$

Für gewöhnliche Bestimmungen genügt hierfür die Formel:

$$r = 607 - 0{,}708\ t.$$

Für $t = 100^0$ giebt diese genauere Formel

$$r = 536{,}5\ WE$$

als gebundene Wärme, welche wiederum in zwei Teile zerfällt, in die innere für die Aufhebung der Kohäsion und in die äussere zur Überwindung des Druckes, wie die Tabelle für gesättigte Wasserdämpfe S. 280 und 281 zeigt.

Ist das in Dampf zu verwandelnde Wasser vorgewärmt, so sind der Vorwärmetemperatur gemäss weniger *WE* zur Dampfbildung notwendig. Hat z. B. das Wasser eine Temperatur von 40^0, so beträgt die Flüssigkeitswärme nur

$$637 - 40 = 597\ WE$$

d. h. es sind nur 597 *WE* erforderlich, um 1 *kg* Wasser in Dampf von 1 Atm. Spannung zu verwandeln. Hiernach ist u. a. der Vorteil zu berechnen, den eine Vorwärmung gewährt.

Aus dem Ergebnisse, dass zur Bildung von 1 *kg* Dampf 637 *WE* erforderlich sind, ist zu bestimmen, wie viel *kg* Dampf sich durch Verbrennen von 1 *kg* Brennstoff von bekanntem Heizwert bilden lässt, da es nur notwendig ist, diesen Heizwert durch 637 zu dividiren. Auf diese Weise sind die in der Tabelle S. aufgeführten mit E bezeichneten Werte entstanden. Der Quotient $\left(\frac{\text{Verbrennungswärme}}{\text{Verdampfungswärme}}\right)$ giebt, vollkommene Ausnutzung vorausgesetzt, die sog. theoretische Verdampfungskraft, deren Abweichung von der wirklich verdampften Wassermenge nicht nur gewöhnlich sehr erheblich, sondern auch recht schwankend ist, wie in der Tabelle S. 272 die Spalte D erkennen lässt.

Der Wärmezufuhr mit der dadurch hervorgerufenen Erzeugung und Spannungszunahme des Dampfes steht naturgemäss die Wärmeentziehung mit der Spannungsabnahme gegenüber, indem infolge einer Wärmeentziehung der überhitzte Dampf in den gesättigten und letzterer in den tropfbar flüssigen Zustand zurückkehrt. Man nennt diesen Vorgang die Kondensation, und nimmt denselben stets wahr, wenn Wasserdampf Wärme (zum Heizen, als Betriebskraft etc.) abgiebt, wobei kondensirtes Wasser entsteht. — Zum Zwecke der Wassergewinnung aus Dampf (Destillation), weil das durch Kondensation erhaltene Wasser (destillirtes Wasser) vollständig chemisch rein sein kann, als auch um die Wärme nicht verloren gehen zu

Tabelle für gesättigte Wasserdämpfe.

Druck in *kg* pro *qcm*	Temperatur *t* (Celsius)	Flüssigkeits-Wärme	Innere latente Wärme	Aeussere latente Wärme	Verdampfungs-Wärme	Spezifisches Gewicht
0,1	45,579	45,649	539,634	35,119	574,753	0,0671
0,5	80,899	81,189	511,476	38,509	549,985	0,3061
1,0	99,088	99,576	497,048	40,098	537,146	0,5878
1,1	101,758	102,281	494,899	40,356	535,255	0,6425
1,2	104,235	104,792	492,934	40,566	533,500	0,6972
1,3	106,548	107,138	491,098	40,761	531,859	0,7517
1,4	108,717	109,339	489,378	40,942	530,320	0,8058
1,5	110,763	111,416	487,756	41,111	528,867	0,8598
1,6	112,699	113,382	486,221	41,270	527,491	0,9135
1,7	114,539	115,252	484,762	41,420	526,182	0,9671
1,8	116,290	117,032	483,375	41,561	524,936	1,0204
1,9	117,966	118,837	481,955	41,688	523,643	1,0738
2,0	119,570	120,369	480,776	41,824	522,590	1,1265
2,1	121,109	121,935	479,557	41,946	521,503	1,1794
2,2	122,590	123,443	478,385	42,062	520,447	1,2320
2,3	124,017	124,897	477,254	42,174	519,428	1,2845
2,4	125,395	126,301	476,163	42,281	518,444	1,3369
2,5	126,726	127,658	475,109	42,384	517,493	1,3892
2,6	128,015	128,972	474,090	42,483	516,573	1,4413
2,7	129,264	130,246	473,101	42,579	515,680	1,4933
2,8	130,476	131,483	472,141	42,671	514,812	1,5452
2,9	131,653	132,684	471,210	42,760	513,970	1,5970
3,0	132,798	133,853	470,304	42,846	513,150	1,6487
3,1	133,913	134,992	469,422	42,929	512,351	1,7002
3,2	134,999	136,102	468,563	43,010	511,573	1,7516
3,3	136,057	137,183	467,726	43,088	510,814	1,8030
3,4	137,090	138,239	466,908	43,165	510,073	1,8543
3,5	138,099	139,271	466,111	43,238	509,349	1,9055
3,6	139,085	140,279	465,331	43,311	508,642	1,9566
3,7	140,049	141,265	464,569	43,381	507,950	2,0075
3,8	140,992	142,230	463,824	43,449	507,273	2,0585
3,9	141,915	143,175	463,093	43,516	506,609	2,1093
4,0	142,820	144,102	462,377	43,581	505,958	2,1600
4,1	143,707	145,010	461,677	43,644	505,321	2,2107
4,2	144,576	145,901	460,989	43,706	504,695	2,2613
4,3	145,429	146,775	460,315	43,766	504,081	2,3118
4,4	146,266	147,633	459,653	43 825	503,478	2,3623
4,5	147,088	148,475	459,004	43,883	502,887	2.4127
4,6	147,895	149,303	458,365	43,940	502,305	2,4630
4,7	148,689	150,117	457,738	43,995	501,733	2,5132
4,8	149,469	150,918	457,121	44,049	501,170	2,5634
4,9	150,236	151,705	456,514	44,103	500,617	2,6135
5,0	150,991	152,480	455,917	44,155	500,072	2,6635
5,1	151,734	153,242	455,331	44,206	499,537	2,7135

Druck in *kg* pro *qcm*	Temperatur *t* (Celsius)	Flüssigkeits-Wärme	Innere latente Wärme	Aeussere latente Wärme	Verdampfungs-Wärme	Spezifisches Gewicht
5,2	152,465	153,993	454.753	44,256	499,009	2,7636
5,3	153,185	154,733	454,183	44,305	498,488	2,8134
5,4	153,895	155,462	453,623	44,353	497,976	2,8633
5,5	154,594	156,180	453,071	44,400	497,471	2,9131
5,6	155,282	156,888	452,526	44,447	496,973	2,9627
5,7	155,961	157,586	451,989	44,493	496,482	3,0124
5,8	156,631	158,274	451,460	44,538	495,998	3,0620
5,9	157,292	158,954	450,938	44,582	495,520	3,1116
6,0	157,944	159,625	450,423	44,625	495,048	3,1611
6,1	158,587	160,287	449,914	44,668	494,582	3,2105
6,2	159,222	160,940	449,413	44,710	494,123	3,2599
6,3	159,849	161,585	448.918	44,751	493,669	3,3092
6,4	160,467	162,222	448,428	44,792	493,220	3,3586
6,5	161,079	162,852	447,945	44,832	492,777	3,4078
6,6	161,683	163,474	447,468	44,871	492,339	3,4571
6,7	162,279	164,088	446,997	44,910	491,907	3,5062
6,8	162,869	164,696	446,530	44,949	491,479	3,5553
6,9	163,452	165,296	446,070	44,987	491,057	3,6044
7,0	164,028	165,890	445,615	45,024	490,639	3,6535
7,1	164.598	166,478	445,163	45,061	490,224	3,7025
7,2	165,161	167,058	444,719	45,097	489,816	3,7514
7,3	165,718	167,633	444,279	45,132	489,411	3,8003
7,4	166,270	168,202	443,843	45,167	489,010	3,8493
7,5	166,815	168,764	443,413	45,202	488,615	3,8979
7,6	167,355	169,321	442,985	45,237	488,222	3,9466
7,7	167,889	169,872	442,564	45,270	487,834	3,9955
7,8	168,418	170,418	442,145	45,304	487,449	4,0442
7,9	168,941	170,958	441,732	45,337	487,069	4,0930
8,0	169,459	171,493	441,323	45,369	486,692	4,1416
8,1	169,972	172,023	440,917	45,401	486,318	4,1902
8,2	170,480	172,548	440,515	45,433	485,948	4,2387
8,3	170,983	173,067	440,119	45,464	485,583	4,2871
8,4	171,482	173,583	439,723	45,496	485,219	4,3358
8,5	171,976	174,093	439,334	45,526	484,860	4,3842
8,6	172,465	174,599	438,947	45,556	484,503	4,4326
8,7	172,950	175,100	438,564	45,586	484,150	4,4809
8,8	173,430	175,596	438,184	45,616	483,800	4,5294
8,9	173,906	176,089	437,807	45,645	483,452	4,5775
9,0	174,379	176,578	437,434	45,674	483,108	4,6258
9,5	176,679	178,958	435,616	45,813	481,429	4,8669
10,00	178,886	181,243	433,871	45,946	479,817	5,1070
10,50	181,008	183,442	432,193	46,072	478,265	5,3462
11,00	183,053	185,563	430,576	46,192	476,768	5,5850
11,50	185,027	187,612	429,015	46,306	475,321	5,8231
12,00	186,935	189,594	427,506	46,415	473,921	6,0606

lassen, welche oft noch im Dampfe aufgespeichert ist, der seinen Zweck erfüllt hat (z. B. in dem aus einer Dampfmaschine austretenden, sog. Auspuffdampf) wie zur Herstellung eines Vakuums (S. 152) findet eine absichtliche Kondensation mit Hilfe der Kondensatoren ausgedehnte Anwendung. Die Herstellung eines Vakuums durch Kondensation von Dampf beruht darauf, dass, wenn Dampf sich ohne Luft in einem verschlossenen Gefässe befindet und durch Abkühlung verdichtet, das Gefäss luftleer bleibt, und dass in demselben nur eine der Temperatur entsprechende Spannung nach Tabelle S. 280 herrschen kann z. B. 0,1 Atm. bei 45,58° C.

II. *Wasserreinigung.*

Das für industrielle Zwecke bestimmte Natur-Wasser enthält stets aufgelöste oder beigemengte Bestandteile, welche die Verwendbarkeit desselben in vielen Fällen in Frage stellen oder wenigstens unvorteilhaft erscheinen lassen und demnach vor dem Gebrauch entfernt werden müssen. — So verlangen die Industriezweige chemischer Natur ein Gebrauchswasser das vollständig frei ist von Substanzen, die den chemischen Prozess beeinflussen, indem sie als Reagentien auftreten (Farbefabriken, Färbereien, Brauereien etc.). — In anderen Fällen ist Wasser zu verwerfen, welches Stoffe enthält, die zerstörend auf die Aufbewahrungsgefässe, Leitungen, Maschinenteile u. dgl. durch Rosten etc. einwirken z. B. das Sauerwasser in Bergwerken.

Die grösste Aufmerksamkeit verlangen die im Wasser gelösten Substanzen, welche sich infolge gewisser Vorgänge unzeitgemäss aus dem Wasser ausscheiden, die Wände der Gebrauchsvorrichtungen mit lockeren Niederschlägen oder mit einer festanhaftenden steinartigen Kruste bedecken. Namentlich die letztere unter dem Namen Kesselstein bekannte Ablagerung wirkt unter Umständen sehr störend auf den Betrieb ein. Nicht nur, weil dieselbe die Rohrweiten verkleinert und somit den Durchfluss verändert, sondern hauptsächlich deshalb, weil sie in Dampferzeugern grosse Nachteile zur Folge hat, ist die Vermeidung dieser Kesselstein-Ablagerung geboten. Diese Nachteile ergeben sich leicht, wenn man bedenkt, dass der Kesselstein ein schlechter Wärmeleiter ist, daher den Durchtritt der Wärme durch die Kesselwand verzögert und einen mitunter sehr erheblichen Wärmeverlust verursacht. Indem sich infolge dieser mangelhaften Abgabe die Wärme in der Wand ansammelt, geräth diese an den von den brennenden Feuergasen bestrichenen Teilen leicht ins Glühen und verliert dadurch zum Teil ihre Festigkeit, beult sich auf, bekommt Risse und zerspringt, wenn sich im Dampferzeuger eine gewisse Spannung befindet. Der Kesselstein ist daher unzweifelhaft oft die mittelbare Ursache von Dampfkesselexplosionen und deren Gefahren.

Sehr verschieden sind die Stoffe im Wasser, welche obige Wirkungen hervorrufen. Im allgemeinen ist jedoch festzuhalten, dass bei Gegenwart von freien Säuren, Ammoniumsalzen, Magnesium-Chlorid- und Sulfat, salpetersauren Salzen, Pflanzen- und Tierfett durch Bildung von Fettsäuren das Metall unmittelbar angegriffen wird. — Als Kesselsteinbildner sind anzusehen die Salze und gelösten Teile, welche beim Erhitzen des Wassers durch Austreiben der Kohlensäure oder infolge der durch Verdampfung

entstehenden Konzentration nicht mehr in Lösung bleiben können. In erster Linie gehören dazu die Kalk- und Magnesia-Salze, weil sie die Hauptmasse der in Quell- und Flusswasser gelösten Teile bilden, während im Meerwasser das Kochsalz vorherrscht. Ferner kommen in Betracht Thonerde, Eisenoxyd, Kieselsäure und Phosphorsäure, obwohl diese Stoffe verhältnissmässig wenig angetroffen werden. Je nachdem diese Kesselsteinbildner einzeln oder gemischt, in kleineren oder grösseren Mengen im Wasser vorhanden sind, entstehen auch sowohl nach Zusammensetzung als nach Beschaffenheit sehr verschiedene Kesselsteine. Namentlich weichen sie in Härte und Dichtigkeit ganz erheblich von einander ab, indem einzelne krümelig sind und leicht zerbröckeln, andere schlammartige Massen und wieder andere feste zusammenhängende Steine bilden, welche sich nur durch feste Schläge zertrümmern und von der Kesselwand „abklopfen" lassen.

Als Bestandteile des Wassers, deren Beseitigung notwendig oder wünschenswert erscheint, haben daher zu gelten: die aufgelösten Mineralsalze, Gase (Kohlensäure, Schwefelwasserstoff etc.), in Zersetzung begriffene organische Stoffe, Fäulnisprodukte, von dem Wasser mitgeführte Steinchen, Sand, Schlamm, Abfälle aller Art, Pflanzenteile u. dgl. — Die Bestandteile des gebrauchten, aber zur Wiederbenutzung genommenen Wassers hängen selbstverständlich von der Art der ersten Verwendung und der Wiedergewinnung ab; das aus dem abgehenden Dampf einer Dampfmaschine durch Abkühlung gewonnene Wasser enthält vielfach mitgerissenes Schmierfett; sog. Fabrikwässer sind verunreigt durch Chlor, Säuren, gelöste Salze, Laugen, Farbstoffe u. s. w.

Die grosse Mannigfaltigkeit der im Wasser vorkommenden Stoffe bedingt dementsprechend ebenso zahlreiche Mittel zur Entfernung derselben. Je nach der Natur der Stoffe lassen sich dieselben jedoch entweder auf chemischem oder auf mechanischem Wege fortschaffen, weshalb auch chemische und mechanische Mittel auseinanderzuhalten sind, selbst wenn sie unmittelbar zusammen zur Anwendung gebracht werden.

Die vom Kesselstein hervorgerufenen oben zusammengestellten Nachteile haben vor allem das Bedürfnis gezeitigt, zur Vermeidung der Kesselsteinbildung das Wasser ganz oder teilweise von den Kesselsteinbildnern zu befreien, so dass die zu diesem Zwecke ausgeübte Wasserreinigung die grösste Bedeutung hat.

Unter den hier daher zunächst in Betracht kommenden Mitteln stehen in erster Linie solche Chemikalien, welche mit den im Wasser vorhandenen Kesselsteinbildnern leicht wegzuschaffende unschädliche Verbindungen eingehen und ausserdem selbst auch dem Kesselmaterial gegenüber ohne schadende Wirkung sind.

Die Auswahl und Gebrauchsmenge der Chemikalien richtet sich naturgemäss einzig und allein nach der Zusammensetzung des Wassers, so dass nur eine chemische Untersuchung des letzteren genügende Sicherheit für die Wirkung der ersteren gewährt. — Im allgemeinen lässt sich jedoch hervorheben, dass es in der Regel auf Entfernung von Kalk- und Magnesiasalzen ankommt, weil diese am häufigsten und gewichtlich vorwiegend als Kesselsteinbildner im Wasser angetroffen werden und diesem die Eigenschaft der Härte (hartes Wasser) verleihen. Insbesondere gehören hierher: doppeltkohlensaurer und schwefelsaurer Kalk, doppelkohlensauere und

schwefelsaure Magnesia, Chlorkalzium und Chlormagnesium, da die übrigen Salze (Kochsalz etc.) wegen ihres geringen Vorhandenseins und grösserer Lösbarkeit bei Dampferzeugern fast immer unbeachtet bleiben können, mit Ausnahme des Meerwassers. Die Natur der genannten Salze gestattet zum Zwecke der Beseitigung der Härte und damit der Kesselsteinbildner die Anwendung verschiedener Chemikalien, unter welchen in neuester Zeit nebst Aetzkalk und Chlorbarium in hervorragender Weise Aetznatron und (kalzinirte) Soda in Gebrauch stehen.

Das Aetznatron verwandelt zunächst das Kalkbikarbonat in unlösliches Kalkkarbonat unter Bildung von kohlensaurem Natron, welches auf schwefelsauren Kalk und Chlorkalzium so einwirkt, dass ebenfalls unter Bildung von schwefelsaurem Natron und Chlornatrium einfach kohlensaurer Kalk ausgefällt wird. Daneben zerlegt das Aetznatron die Magnesiumsalze, indem es wasserunlösliches Magnesiumoxydhydrat ausscheidet, selbst aber als Chlorid oder Sulfat in Lösung bleibt.

Die Soda (kalzinirtes kohlensaures Natron) vermag in ähnlicher Weise wie Aetznatron unter Bildung unlöslicher Karbonate von Kalk und Magnesia und löslicher Natronsalze die Ausfällung zu bewirken.

Der Aetzkalk bindet als starke Base die Kohlensäure und verwandelt die genannten Salze in einfache Karbonate, indem er sich zugleich ebenfalls als Karbonat ausscheidet; ausserdem wird das Chlormagnesium zerlegt wie durch Aetznatron.

Das Chlorbarium zersetzt sich mit schwefelsaurem Kalk zu schwefelsaurem Barit und Chlorkalzium, wovon das erstere nicht, das zweite leicht löslich ist. Es dient daher zur Verhütung einer Krustenbildung, da das Baritsalz sich nur als Schlamm absetzt. Enthält das Wasser ausserdem kohlensaure Salze, so ist noch Aetzkalk zuzusetzen.

Die in zahlreichen Zusammensetzungen vorgeschlagenen Kesselsteinverhinderungsmittel sind überflüssig, zum Teil sogar nutzlos und schädlich, da ausschliesslich die Zusammensetzung des Wassers qualitativ und quantitativ diese Mittel bestimmen kann. Am häufigsten stehen dieser Zusammensetzung entsprechend die genannten Salze in Gebrauch und zwar nach zwei verschiedenen Methoden, je nachdem dieselben direkt dem Wasser im Kessel zugesetzt werden oder das Wasser vor dem Einlassen in den Kessel von den Kesselsteinbildnern befreien.

Bei der ersteren Methode liegt eine Unvollkommenheit darin, dass die im Kessel als Schlamm entstehenden Niederschläge notwendigerweise von Zeit zu Zeit entfernt werden müssen, demzufolge z. B. die Reaktion mit Aetzkalk sich hier nicht empfiehlt, weil die Schlammenge unter sonst gleichen Umständen am grössten wird. Es ist aus diesem Grunde die Anwendung von Aetznatron oder Soda zur Regel geworden, weil diese Chemikalien nur die im Wasser vorhandenen Kalk- und Magnesiasalze ausfällen dagegen selbst in Lösung bleiben. Zur Beseitigung des Schlammes beschränkt man sich in vielen Fällen darauf, von Zeit zu Zeit den Kessel zu reinigen oder das schlammige Wasser auslaufen zu lassen. Dieses Verfahren kann jedoch nur Billigung finden, wenn das Gebrauchswasser wenig Schlamm ausscheidet. Bildet sich letzterer in erheblicher Menge, so ist es rathsam für eine möglichst ununterbrochene Entfernung desselben Sorge zu tragen, damit im Kessel jede Anhäufung ausgeschlossen wird. — Zu dem Zwecke die ausgefällten Kesselsteinbildner an einer bestimmten Stelle

im Kessel anzuhäufen und zugleich von der Kesselwand fernzuhalten, sind zahlreiche Schlammfänger konstruirt, ohne jedoch zu befriedigenden Ergebnissen geführt zu haben. Infolgedessen hat sich vielmehr das Verfahren ausgebildet, bei welchem das schlammige Kesselwasser zur Absetzung des Schlammes durch einen ausserhalb des Kessels aufgestellten Apparat zirkulirt und somit einer ununterbrochenen Reinigung unterworfen wird.

Von den hier in Betracht kommenden Apparaten dieser Art kann der durch Fig. 312 vor Augen geführte, durch Einfachheit und gute Wirkung bemerkenswerte (Dervaux'sche) als Muster gelten. Derselbe besteht aus einem Rippenhohlkörper A und einem Schlammkasten B und ist derart mit dem Dampfkesselraum C in Verbindung gebracht, dass das Kesselwasser A und B ununterbrochen mit solcher Geschwindigkeit durchströmt, dass sich der Schlamm in B ablagert. Zu dem Zwecke führt ein in A mündendes Rohr a a bis tief in den Kessel zu einer Stelle hinab, an welcher die Schlammablagerung erfahrungsgemäss am stärksten ist, während das Rohr b b vom Schlammkasten B nach dem Kessel zurückleitet. Das Steigrohr a a ist nun von einem Dampfrohr c umgeben, so dass dessen Inhalt wärmer bleibt als der Inhalt von b b. Dieser Temperaturunterschied in Verbindung mit einem durch Dampfblasen gebildeten höheren Auftrieb des Wassers in c und der Höhendifferenz zwischen den Wasserständen in B und C, sowie einer Kondensatien des Dampfes in dem durch grosse Oberfläche gekühlten Rippenkörper A ruft eine solche Zirkulation in den Röhren etc. hervor, dass die ganze Menge des Kesselwassers in 10 Stunden 5 bis 10 mal den Schlammkasten durchströmt und in demselben, unterstützt von dem eingehängten Cylinder d, den Schlamm zurücklässt, der nach Oeffnen des Hahnes k durch das Rohr m von Zeit zu Zeit abgelassen wird. Ein bei o in dem Steigrohr a a angebrachter Schlitz in der Höhe des mittleren Wasserstandes bezweckt ein Absaugen des auf dem Wasserspiegel schwimmenden Schlammes, sowie bei niedrigem Wasserstande eine zeitweilige Unterbrechung der Durchströmung, um das Wasser im Schlammkasten B vorübergehend in Ruhe kommen zu lassen und somit das Schlammabsetzen wesentlich zu fördern. Zur Einführung der Chemikalien tritt das Kesselwasser durch das Rohr h in den täglich einmal mit Aetznatron und Soda zu versehenen Fülltopf D; um von hier durch den Hahn f und das Rohr e in den Kessel zu gelangen. Dieser Fülltopf ist mit einer Einrichtung ausgestattet, welche dem Wasser die Chemikalien in bestimmt abgemessenen Mengen zuführt.

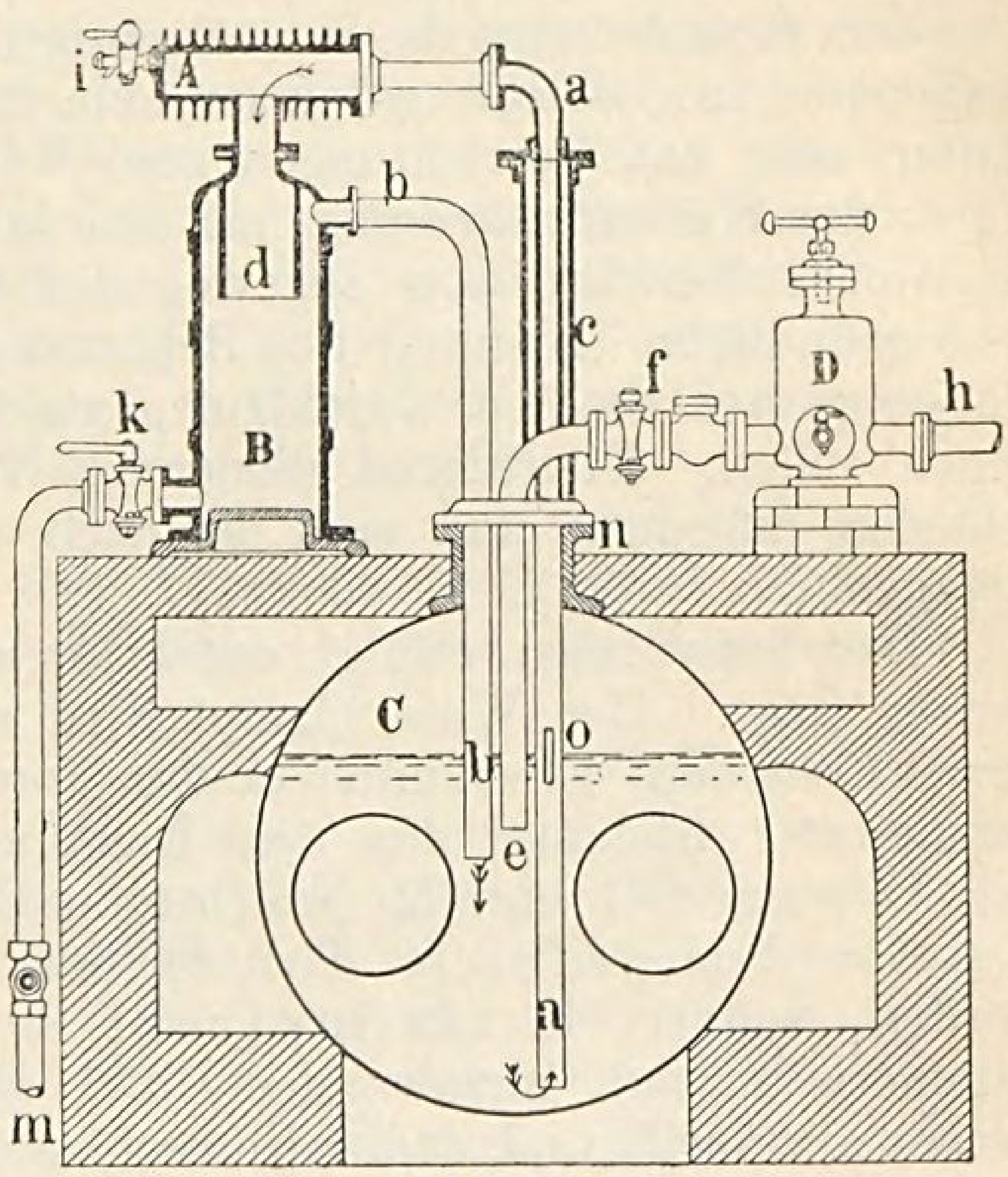


Fig. 312.

Die zweite Methode, nach welcher die Kesselsteinbildner dem Wasser entzogen werden, bevor dasselbe in die Dampferzeuger eintritt, ist die vollkommenste und sicherste, weshalb sie immer mehr in Anwendung kommt. Betreffs ihrer Durchführung ist zu beachten, dass die Einwirkung der Reagention in der Wärme viel schneller erfolgt als in der Kälte, und dass eine Erwärmung des Wassers auf 70—80 ⁰ C. die Fällung fast augenblicklich bewirkt, sowie die doppeltkohlensauren Salze ohne Zusätze zerlegt und in einfach kohlensaure Salze verwandelt, die ausgeschieden werden. Aus dem Grunde wird die Wasserreinigung am zweckmässigsten in Apparaten vorgenommen, welche entweder eine direkte Erwärmung des Wassers gestatten oder mit Vorrichtungen zum Vorwärmen in Verbindung stehen. — Nebst der Wassererwärmung hat eine innige Vermischung der nach stöchiometrischen Verhältnissen abgewogenen Chemikalien mit dem Wasser und eine gründliche Trennung des Schlammes stattzufinden, so dass der ganze Vorgang drei Stadien durchläuft, welche möglichst schnell auf einander folgen sollen. Die hierzu dienenden Vorrichtungen lassen sich sehr verschieden anordnen und sind demnach auch äusserst mannigfaltig in ihren Anlagen.

Das Vorwärmen erfolgt entweder durch Wasserdampf od r mit Hilfe heisser Gase. Der Wasserdampf wird zu diesem Zwecke selten besonders erzeugt, sondern gewöhnlich in der Form benutzt, in welcher derselbe als sogenannter Abdampf aus den Dampfmaschinen u. dgl. austritt. Wenn der Abdampf Oel enthält (welches in Oelsäuren verwandelt wird und die Kesselwand angreift), so darf derselbe nicht direkt ins Wasser geleitet werden, sondern ist nur indirekt d. h. durch Röhrenleitungen, Dampfkammern u. dgl. anzuwenden. Bei alkalischen Zusätzen wird das Oel übrigens verseift und dadurch unschädlich, so dass die direkte Vermischung des Dampfes mit dem Speisewasser am häufigsten angetroffen wird.

Die Vorrichtungen zum Reinigen des Wassers bestehen vielfach aus einfachen, terrassenförmig aufgestellten Bottichen, wovon mindestens zwei erforderlich sind, indem der eine zum Vermischen des Wassers mit den Chemikalien, zum Erwärmen und zum Klären, der zweite zum Aufbewahren des gereinigten Wassers dient. Bei drei Bottichen findet das Mischen und Erwärmen im ersten, das Klären im zweiten, das Aufbewahren im dritten statt.

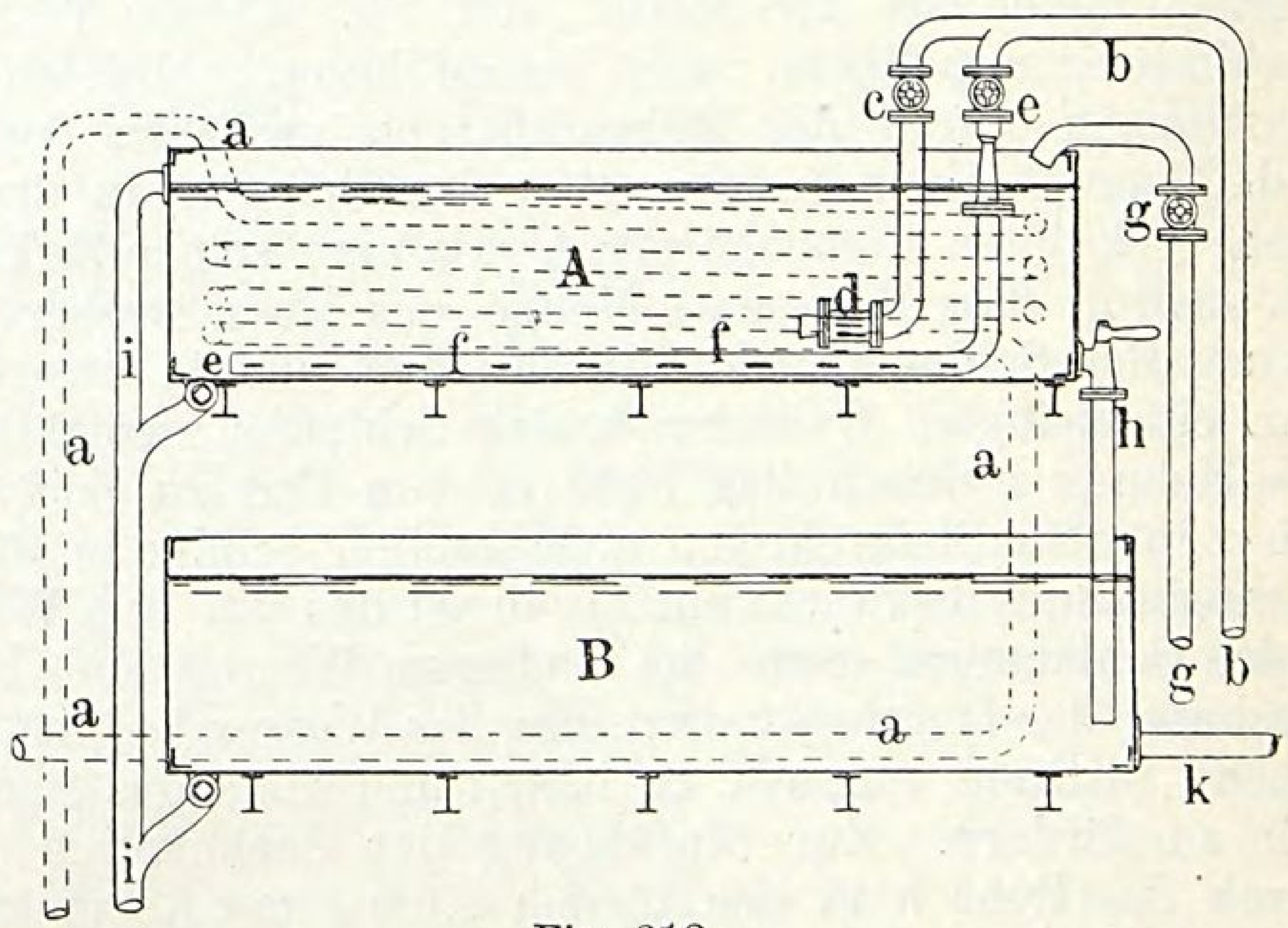


Fig. 313.

Eine einfache bewährte Anlage, die sowohl direkten, als indirekten Dampf zu gebrauchen gestattet, zeigt Fig. 313. Das zu reinigende Wasser fliesst durch das Rohr g in den Behälter A, in welchem eine Dampfschlange

a a a a dasselbe indirekt erwärmt. Zum direkten Erwärmen ist das vom Dampferzeuger abgeleitete Rohr b b angebracht, das bei geöffnetem Hahn c den Dampf durch eine sog. Anwärmedüse d in das Wasser führt. Nachdem letzteres gehörig vorgewärmt ist, setzt man die Chemikalien in aufgelöstem Zustande zu und vermischt den Inhalt durch ein bei e angebrachtes Strahlgebläse, welches zu dem Zwecke mittels eines aus b entnommenen Dampfstromes durch Schlitze des Rohres e Luft eintreibt, die den Inhalt in Wallung bringt. Aus dem Behälter A läuft das in Ruhe geklärte Wasser in den Vorrathsbehälter B, dem es durch das Rohr k zum Gebrauch entnommen wird. Das seitwärts angebrachte Rohr i i hat die Bestimmung, das Ueberlaufen des Behälters A zu verhindern, sowie den in A ausgefällten und in B hinübergerissenen Schlamm durch Ausspülen leicht wegschaffen zu können. Bezüglich der Grösse des Behälters B, der übrigens auch durch einen Brunnen oder Saugbehälter etc. ersetzt werden kann, ist zu bemerken, dass derselbe zum Aufbewahren einer Wassermenge genügen muss, welche in sechs Stunden verbraucht wird.

Für grössere Gebrauchsmengen erhalten diese einfachen Anlagen so bedeutende Abmessungen, dass sie ihre Verwendungsfähigkeit einbüssen, zumal sie nur geringe Höhen erhalten dürfen, wenn das Absetzen sich nicht zu sehr verzögern soll.

Zur Vorreinigung erheblicher Wassermengen sind deshalb besondere Apparate in Gebrauch gekommen, bei denen entweder der Grundsatz durchgeführt ist eine grosse Zahl Kammern mit geringer Höhe zum Absetzen zu verwenden oder nach der Einwirkung der Chemikalien das Wasser zu filtriren, so dass man Setzapparate (Setzmaschinen) und Filtrirapparate unterscheiden kann. Beide Gattungen stehen in unmittelbarem Zusammenhange mit den Vorrichtungen zum Mischen, Erwärmen und Aufbewahren.

Bei den Setzapparaten wird die grosse Kammerzahl dadurch hergestellt, dass man ein passendes Gefäss durch Blechwände in Abteilungen teilt, welche in der Weise angeordnet sind, dass das Wasser sämtliche Kammern durchströmt und die ausgefällten Teile auf den Wänden zurücklässt. — Die Vermischung mit den Chemikalien erfolgt selbstthätig und genau geregelt, so dass stets einer bestimmten Wassermenge auch gerade die zur Fällung erforderliche Menge Kalk, Soda oder Aetznatron zugeführt wird.

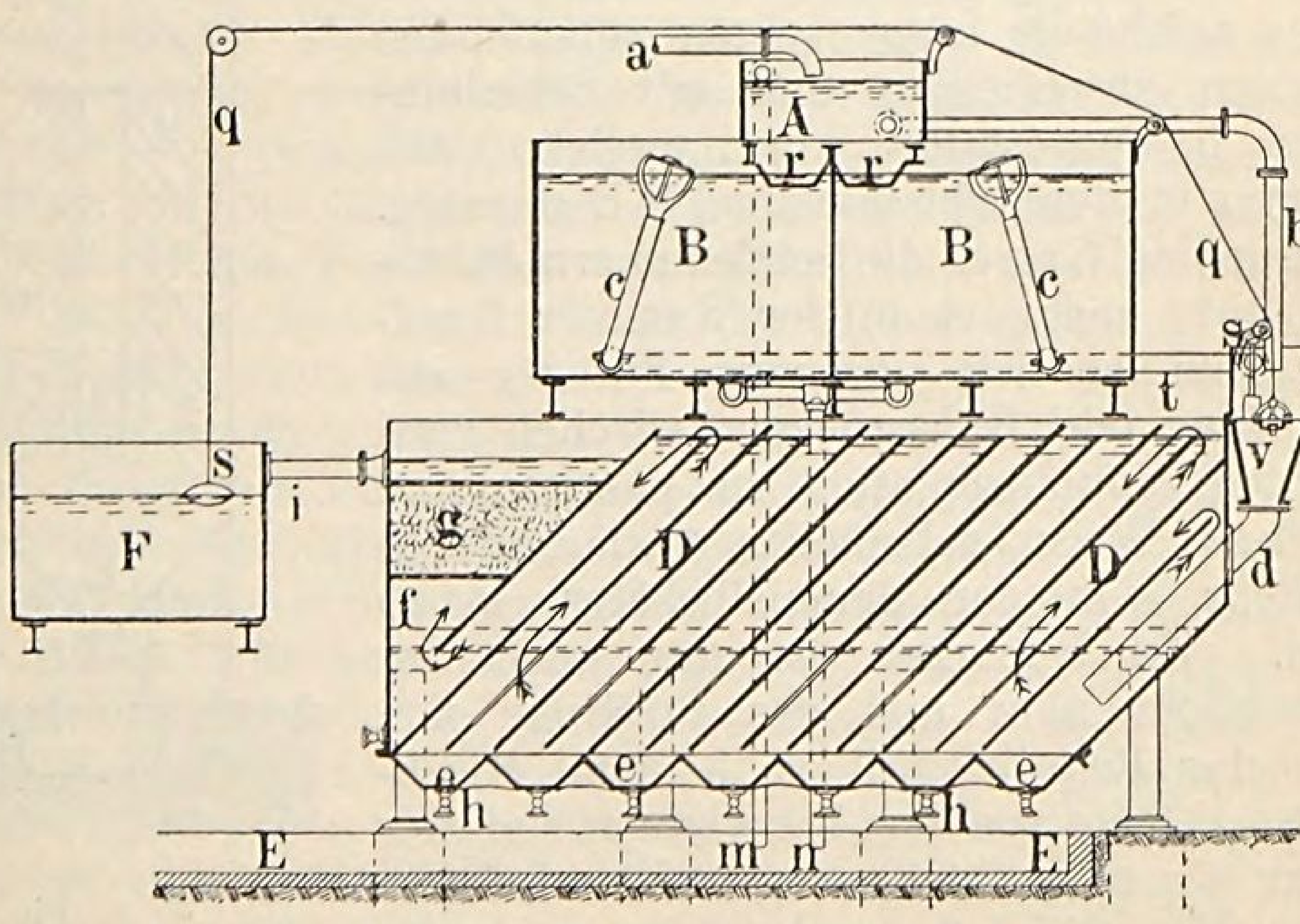


Fig. 314.

Eine bewährte Anordnung (System Gaillet) geht aus Fig. 314 hervor. Das Rohwasser läuft aus dem

Zuflussrohr a zunächst in den Behälter A und aus diesem durch das Rohr b in den Kasten C, um sich hier in vorher ermitteltem Verhältnisse mit den Chemikalien zu mischen. Zur Aufnahme der letzteren dienen zwei Behälter B, B, wovon einer neu beschickt wird, während sich der andere leert, damit ein ununterbrochener Betrieb erfolgen kann. Von den Reinigungsmitteln (Soda mit Ätzkalk oder Ätznatron) gelangt die zu einer Füllung erforderliche Soda direkt in einen der Behälter B. Eins der anderen Chemikalien dagegen wird auf eins der unter A hängenden Körbe r, r aus gelochtem Blech geschüttet und durch Umrühren (zweckmässig mittels eines Dampfgebläses) unter Zulauf von Wasser aus dem Behälter A zur Löschung oder Lösung und zugleich in den darunter befindlichen Behälter B gebracht, der gewöhnlich so gross gewählt wird, dass dessen Inhalt für 10 bis 12 Stunden ausreicht. Zur Überführung der Lauge aus B in den Misch- und Regulirkasten C sind schwimmende Abflussröhren c, c angebracht, welche die Flüssigkeit von der Oberfläche also stets klar entnehmen. Der Kasten C besteht aus 3 Abteilungen, wovon eine das Rohwasser und eine zweite die Lauge durch das Rohr t aufnimmt, während die mittlere dritte mit den beiden anderen durch Öffnungen in Verbindung steht, die sich durch Schieber genau einstellen lassen. In der mittleren Abteilung erfolgt demnach das Mischen der Chemikalien mit dem Wasser in einem durch die Schieberöffnungen genau geregelten Verhältnisse. Aus dem Mischkasten C fliesst das Wasser durch das Rohr d in den Setzkasten D. Dieser besteht aus einem länglichen Blechkasten, dessen Inneres mit einer Anzahl (14) unter 45° geneigter Blechtafeln ausgestattet ist, zwischen denen das Wasser nach der Pfeilrichtung auf- und abfliesst und den ausgefällten Substanzen dadurch Gelegenheit giebt, sich auf den vollen Wänden abzusetzen und nach und nach in die Spitztrichter e hinunter zu gleiten, welche die unten schräg zulaufenden Kammern abschliessen und mit Schlammhähnen h ausgestattet sind, welche den Schlamm in den Schlammkanal E E ablassen. Nachdem das Wasser die Setzkammern durchzogen hat, steigt es in der Kammer f aufwärts, um endlich noch ein Filter g aus Holzspänen oder Koksstücken zwischen zwei gelochten Zinkblechplatten zu passiren und auf diese Weise vollständig geklärt durch das Rohr i in den Sammelbehälter F zu laufen. Zu bemerken ist nur noch das Überlaufrohr m m und das Spülrohr n n, sowie das Regulirventil v in dem Mischkasten, welches von dem Schwimmer s mittels Schnur q q selbstthätig eingestellt wird.

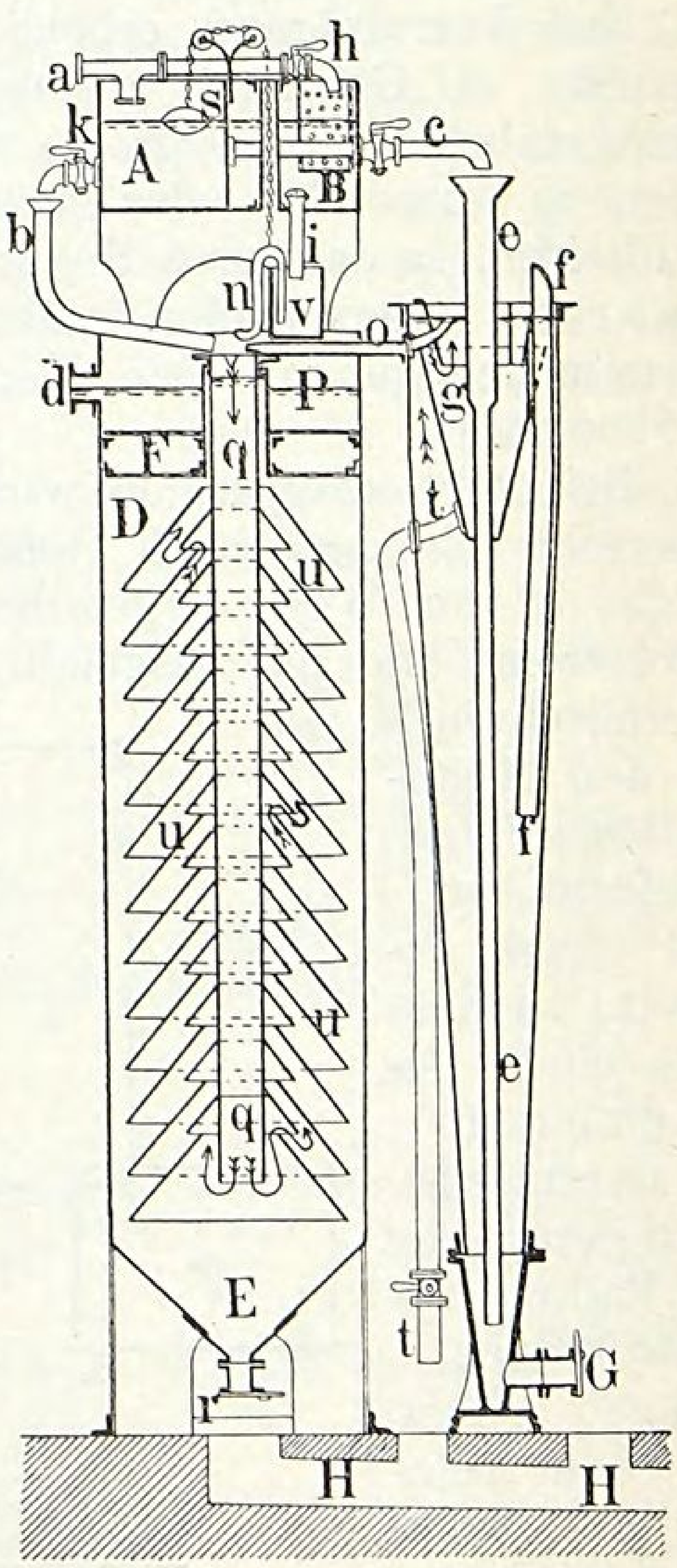


Fig. 315.

In Fig. 315 ist ein ebenfalls anerkannt wirksamer Kesselwasserreiniger (System Dervaux) vor Augen geführt,

der zusammengesetzt ist aus dem Wasserverteiler A mit Sodaauflöser B, Kalkauflöser g G und Schlammkasten D. Das Rohr a leitet das Rohwasser zunächst in das Gefäss A, in dem der Zufluss durch einen Schwimmer im Kasten D geregelt wird, dessen Einrichtung auf die S. 150 Fig. 209 erklärte zurückzuführen ist. Ein am Ende des Rohres a angebrachter Hahn h lässt Wasser durch einen in B hängenden mit Soda gefüllten Blechkorb fliessen, so dass sich in B stets eine Sodalösung befindet, welche durch ein Siebrohr i in den Kasten v und aus diesem durch den Heber n in das Mischrohr q q gelangt, dem durch das Rohr b aus dem Kasten A das Rohwasser in einer durch den Hahn k geregelten Menge zufliesst. Zur Bereitung des Kalkwassers dient ein besonderer zuckerhutförmiger Behälter, in welchem sich ein Rohr f f befindet, das mit frischgelöschtem Kalkspeck gefüllt wird. Mittels des Rohres c mit Regulirhahn strömt aus dem Kasten A Wasser in das tief hinabreichende Rohr e e, schwemmt den durch f zugeführten Kalk auf, sättigt sich mit diesem, steigt aufwärts durch das Labyrint g (um mitgerissene Kalkteile abzusetzen) und tritt durch das Rohr o an derselben Stelle in das Mischrohr q q, an welcher die Sodalösung einfliesst, so dass hier ein gründliches Mischen der drei Flüssigkeiten und eine sofortige Reaktion vor sich geht. Während nun dieses Gemische mit einer von der Druckhöhe abhängigen Geschwindigkeit sich abwärts bewegt und das Rohr unten verlässt, verteilt es sich über die Querschnittsfläche des Setzkastens E D und steigt infolge der Querschnittsvergrösserung des letzteren sehr langsam aufwärts, indem es zugleich eine grössere Anzahl aus trichterförmigen Blechwänden hergestellter Zwischenräume durchströmt, deren Anordnung eine vielfache Bewegungsrichtungsänderung des Wassers hervorbringt und im Zusammenwirken mit der geringen Aufsteigegeschwindigkeit des Wassers ein vollständiges Absetzen des Schlammes auf die Trichterflächen bewirkt. Von diesen rutscht der Schlamm nach der Wandung des Abscheiders D ab, erzeugt durch sein grösseres spez. Gewicht an dieser Gefässwand eine abwärts gerichtete Strömung und sammelt sich schliesslich in dem unteren Kegelraum E, um von Zeit zu Zeit durch einen mit Drehschieber versehenen Stutzen r in den Schlammkanal H H abgelassen zu werden. Das vom Schlamm befreite Wasser durchströmt sodann noch eine Filterschicht F aus Hobelspänen, welche alle 1 bis 3 Monate zu erneuern ist, und tritt schliesslich aus dem Stutzen d den Weg nach der Gebrauchsstelle an. In Bezug auf die Regulirung ist noch zu erwähnen, dass der Heber n durch eine kleine Kette mit dem Schwimmer s verbunden ist; sowie das Wasser im Kasten A sinkt, wird der Heber aufwärts gezogen und hört zu wirken auf, wenn kein Wasser mehr durch b und o zuläuft, wenn also der Zufluss durch a aufhört. Unterbricht man dahingegen den Abfluss bei d, so steigt der oben erwähnte in D angebrachte Schwimmer aufwärts und schliesst den Hahn im Zuflussrohr a ab. Der Apparat funktionirt daher vollständig selbstthätig, zumal ausserdem noch ein Regulirschwimmer (Fig. 315 S. 288) in dem das gereinigte Wasser aufnehmenden von d gespeisten Sammelbehälter bei einem bestimmten Wasserstande den Zulauf a oder Ablauf d absperrt und damit den ganzen Apparat ausser und in Thätigkeit setzt. Das bei t t sichtbare Rohr mündet in den Labyrinttrichter g und dient zum Fortschaffen des sich hier absetzenden Kalkschlammes in den Kanal H, während ein Schieber G das Ablassen der ungelösten Teile aus dem Kalkauflöser gestattet.

Eine aus neuester Zeit stammende Anordnung dieses Wasserreinigers unterscheidet sich von der beschriebenen wesentlich durch eine Umkehrung des Wasserlaufes in dem Setzkasten D. Das mit den Chemikalien versehene Wasser läuft oben in den äusseren Raum P (aus dem das Filter F entfernt ist) ein, über die Dachflächen u u abwärts, steigt dann sowohl aus dem Raum E, als auch durch Löcher, welche zwischen den Dachflächen in dem Rohr c c vorhanden sind, in dem Rohre c c aufwärts und gelangt aus diesem durch ein seitwärts abgezweigtes Rohr in einen Behälter, welcher um den Kegel E also unten angebracht und mit einem Filter, sowie dem Ablaufrohr d versehen ist. Während bei der ersten Konstruktion das Wasser sämmtliche zwischen den konischen Zwischenwänden gebildete Abteilungen durchströmen muss, wird bei dieser neuen Ausführung der Wasserstrom in so viel Ströme geteilt, als Abteilungen bestehen, da dasselbe direkt aus jeder Abteilung in das Rohr q q gelangt. Infolge dieser Stromteilung wird die Schlammabscheidung wesentlich gefördert und die Grösse des ganzen Apparates vermindert. Ausserdem ist der mit A und B bezeichnete Regulirungs- und Mischapparat unmittelbar auf den Kalkauflöser gesetzt.

Bei den in vorhergehenden Figuren dargestellten Wasserreinigern wird entweder auf ein Vorwärmen des zu reinigenden Wassers ganz verzichtet oder es sind besondere Apparate unabhängig von den Reinigern zum Zwecke des Vorwärmens thätig. Im ersten Falle wird die Wirkung wesentlich beeinträchtigt, während andererseits die Anwendung besonderer Vorwärmer die Durchführung des Wasserreinigens umständlich macht. Aus diesem Umstande hat sich das Bedürfnis entwickelt, das Vorwärmen mit dem Abscheiden in einem Apparat zusammen vornehmen zu können, woraus u. a. die in Fig. 316 dargestellte, sehr wirksame Konstruktion (System Reichling) hervorgegangen ist. Dieselbe bildet einen aufrecht stehenden Kessel mit drei Abteilungen A B C, wovon A und B zum Vorwärmen, C zum Schlammabsetzen eingerichtet ist. Das Rohwasser tritt durch den Stutzen a in den oberen Raum ein und fällt über zwei Einsatzbleche b, c in der Gestalt eines dünnen breiten Strahles in den unteren Raum A. Aus diesem gelangt es durch das Regulirventil e in den Raum B, um auch diesen in gleicher Weise mittels der Teller 1, 2, 3, 4 in einem breiten Strahl zu durchziehen. Durch den Stutzen f wird nun Dampf in den Raum B eingelassen. Dieser Dampf strömt dem Wasser entgegen um die Einsätze herum, sowie durch die Röhren g und h zum Austritt aus dem Apparate ins Freie. Hierbei giebt derselbe so viel Wärme an das Wasser ab, dass dieses eine Temperatur von etwa 100° annimmt, wobei z. B. 1 Aeq. Kohlensäure aus dem gelösten doppeltkohlensauren Kalk ausgetrieben und letzterer in unlöslichen kohlensauren Kalk verwandelt wird. Setzt man nun dem Wasser im Behälter A noch eine entsprechende Menge Soda zum Ausfällen zu und beendet dadurch den Fällungsprozess in A und B, so fliesst das nunmehr mit den ausgefällten Substanzen beladene Wasser durch das absteigende Rohr i i in den Schlammkasten C. Durch den am unteren Rohrende

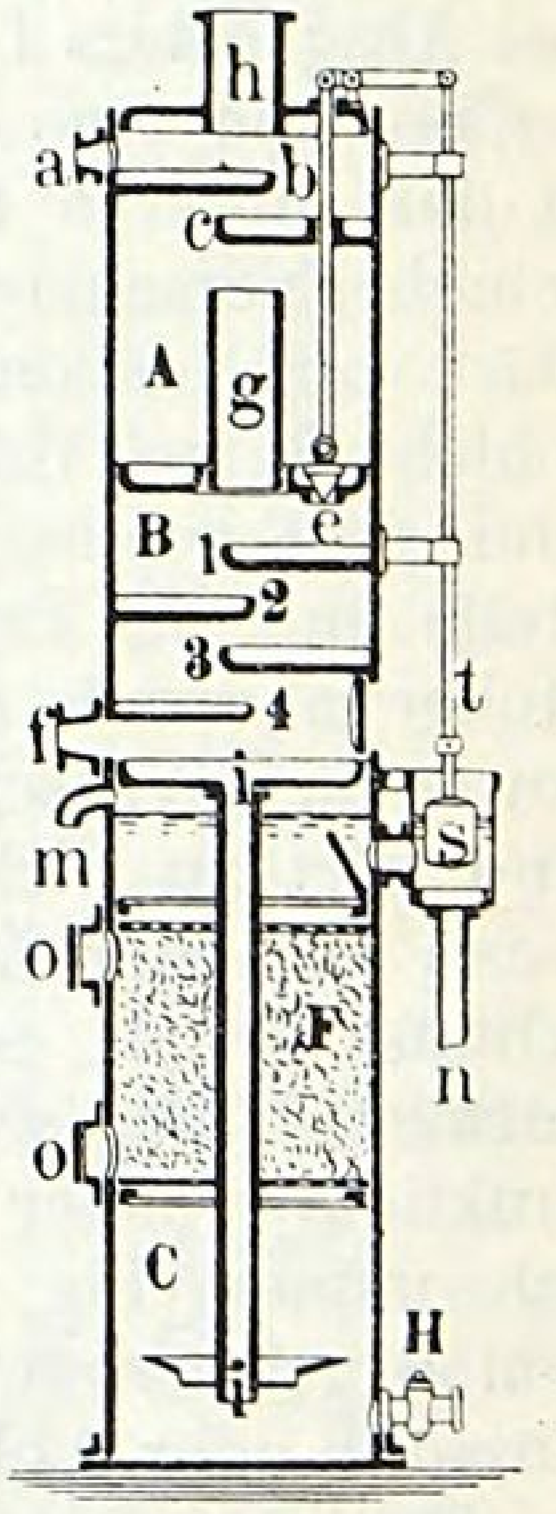


Fig. 316.

angebrachten Schirm gezwungen sich zu teilen, steigt das Wasser sodann langsam unter Zurücklassung der schweren Teile, in dem Raum C aufwärts, durchzieht das Koksfilter F und fliesst gereinigt durch den Topf mit Schwimmer s und das Rohr n zu der Gebrauchsstelle. Dabei lässt der auf das Ventil e direkt einwirkende Schwimmer s in dem Topfe t durch das Regulirventil e nur soviel Wasser eintreten als verbraucht werden soll. Etwa nicht verseiftes mit dem Wasser aufgestiegenes Öl sammelt sich auf dem Wasser, indem es von einer vor dem Topf angebrachten Blechwand verhindert wird abzufliessen, und läuft durch das Rohr m in ein Gefäss ab. Zum Ablassen des Schlammes aus C dient der Hahn H; zum Füllen und Leeren des Filters sind Deckelstutzen o o vorhanden.

Eine besondere Anordnung erhält dieser Reiniger in dem Fall, in welchem Abdampf nicht zu Gebote steht, indem man sich darauf beschränkt, mittels einer Dampfdüse das zulaufende Wasser mit der Sodalauge zu mischen und zu erwärmen. — Für solche Betriebe, die sehr grosse Menge gereinigten Wassers verbrauchen, ist die Anlage grosser unterirdischer, gemauerter Behälter statt des Setzkastens C vorzuziehen, um einmal grössere Vorräthe möglich zu machen und dann um dem Wasser zur Klärung genügende Ruhe zu lassen. — Sehr bewährt hat sich die Aufstellung zweier Behälter nebeneinander, die im Gebrauch abwechseln und Betriebsstörungen ausschliessen.

Zum Einführen von Kesselsteinlösungsmitteln in die Dampfkessel dienen auch vielfach Apparate, welche in die Wasserleitung eingeschaltet werden. In einfachster Ausführung ist ein solcher Apparat (Vorbach) durch Fig. 317 dargestellt. Er besteht aus einem gusseisernen Behälter A zur Aufnahme der Chemikalien, welche man durch den Hals B einfüllt. Durch den Stutzen C läuft das Speisewasser in den Behälter, löst eine gewisse Menge der Chemikalien auf und gelangt durch das fast auf den Boden reichende Rohr D in den Kessel. Ein Hahn h dient zum Entleeren und zur Beseitigung von Schlamm.

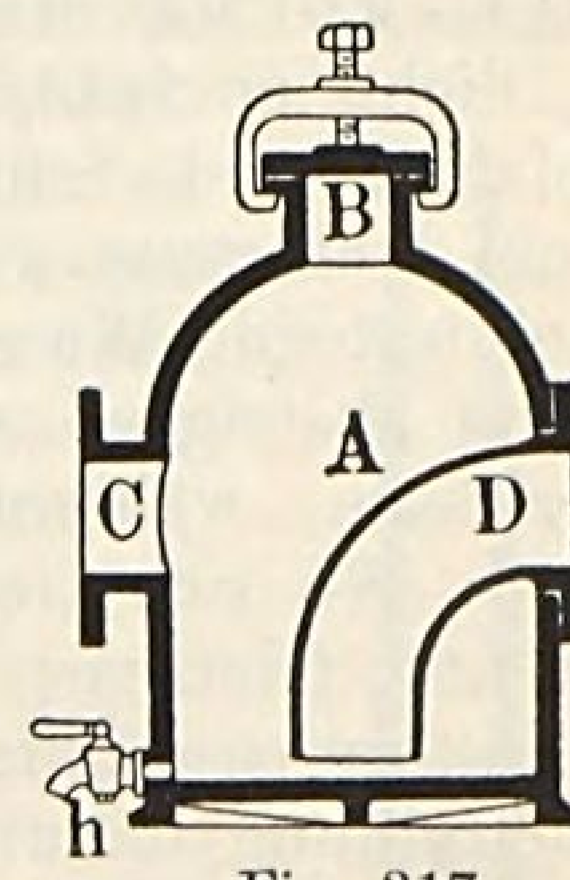


Fig. 317.

Die Filtrirapparate unterscheiden sich wesentlich von den Setzapparaten dadurch, dass das Wasser nach der Einwirkung der Chemikalien Filtrirtücher passirt. Damit grössere Wassermengen auf diese Weise in kurzer Zeit gereinigt werden können, sind vor allem grosse Filterflächen erforderlich; daneben erhält der Vorgang eine erhebliche Förderung durch Erwärmung des Wassers, welche diesem einen höheren Flüssigkeitsgrad erteilt, sowie durch einen Druck, der auf das Wasser ausgeübt wird. Die wirksamsten Filtrirapparate besitzen daher grosse Filterflächen, eine Einrichtung zum Erwärmen des Wassers und eine Vorrichtung, welche dieses unter Druck durch die Filter treibt. — Um grosse Filterflächen in einem kleinen Raume zu erhalten, bedient man sich am zweckmässigsten viereckiger Platten P aus Gusseisen (Fig. 318 I) und bespannt dieselben auf beiden Seiten mit dem betreffenden Filtertuch, indem man dieses um einen Rand herumlegt. Damit das Wasser durch das Tuch und an der Platte ablaufen kann, erhält diese eine grössere Anzahl von Rillen, welche von dem Tuch überspannt werden. Die eigentlichen Kammern ent-

stehen durch viereckige Rahmen R (Fig. 318 II), die sich dicht auf die Tuchränder legen. Durch Aneinanderreihen oder Aufeinanderlegen von Platten und Rahmen entsteht in einem kleinen Raum eine verhältnismässig

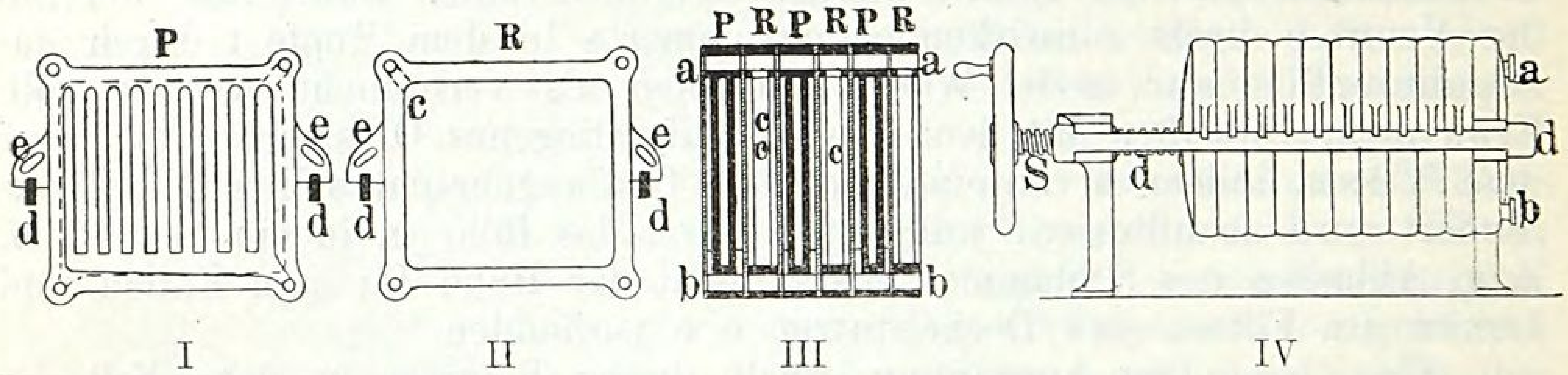


Fig. 318.

grosse Filterfläche, die dadurch in Thätigkeit gesetzt wird, dass das zu filtrirende Wasser seitwärts unter Druck in das Innere der Rahmen eintritt. Zu dem Zwecke sind Platten und Rahmen in den Ecken mit durchgehenden Öffnungen a a (Fig. 318 III) versehen, die sich in der Weise decken, dass sie in den zusammen geschobenen Platten und Rahmen eine Röhre a a ausmachen, welche durch die in den Rahmen vorhandenen Abzweigungen c mit dem Inneren der Rahmen in Verbindung stehen. Das hier eintretende Wasser durchdringt die Filter, sammelt sich unter den Rillen und gelangt durch die auf gleiche Weise gebildete Röhre b b zum Sammelbehälter. Besteht die Absicht die Platten zu erwärmen, so erhalten dieselben die in Fig. 319 dargestellte Form und Zusammenstellung (Zellen-Vorwärmer Klein). Diese Platten sind hohl, dicht aneinander geschoben und mit zwei Kopfplatten und Schrauben so zusammengehalten, dass ein Hohlraum a b d entsteht, durch den der bei a eintretende Wasserdampf um sämtliche Platten auf- und absteigend zirkulirt, um bei c den Apparat zu verlassen, während das Dampfwasser bei d abläuft. — Wo sich Gelegenheit dazu bietet, kann statt Wasserdampf auch heisse Luft (Heizgas) diesen Vorwärmer durchströmen. In der Regel wird diese Filterpresse (Fig. 318 IV) horizontal aufgestellt und dann die Zusammenreihung dadurch bewerkstelligt, dass die einzelnen Teile mit Vorsprüngen e e (I, II) auf Balken d d gelegt und durch eine Schraubenspindel S zusammengepresst werden, wobei eine feste und eine verschiebbare Stirnplatte nicht nur zum Abschluss, sondern auch zur Aufnahme der verschiedenen Stutzen a, b dienen. — Die Zuführung des Wassers erfolgt gewöhnlich aus einem entsprechend hoch gelegenen Behälter, in dem auch die Mischung mit den Chemikalien stattfinden kann. — Vielfach wird zum Durchpressen eine Pumpe angewendet. In solchem Fall bringt man zweckmässig diese Speisepumpe in Verbindung mit einer kleinen sehr genau gehenden Pumpe, welche für jede durch einen Pumpenhub geförderte Wassermenge die erforderliche Menge von Soda- oder Ätznatronlösung in einen Behälter einspritzt, welchen das zu reinigende und vorgewärmte Wasser von oben nach unten durchströmt. Dadurch wird der Reinigungsprozess zugleich ein selbstthätiger. — Zum Vorwärmen giebt man der Filterpresse auch die Einrichtung, dass das Wasser in einer Abteilung hohle

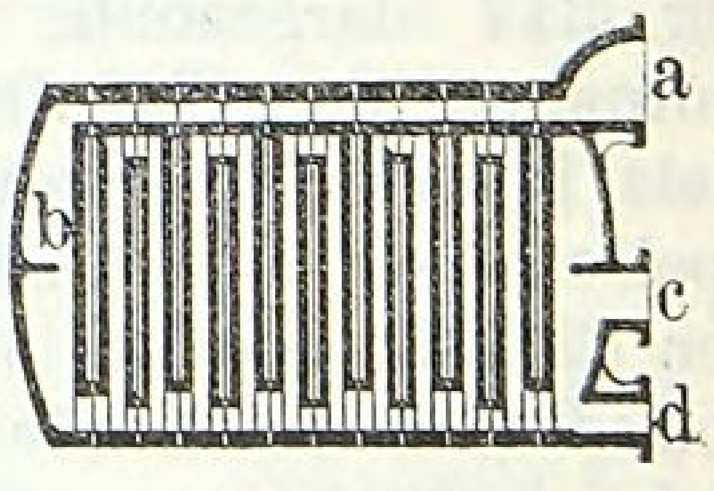


Fig. 319.

von Dampf durchströmte Rippenheizkörper und in einer zweiten Abteilung die Filter passirt.

Bei einer vielfach angetroffenen Ausführung dieses Filtrirapparates (System Dehne) gelangt das zu reinigende Wasser zuerst durch eine Pumpe oder aus einem Hochbehälter in einen Vorwärmer, in dem es mittels Dampf auf 70 bis 80° erwärmt wird, von hier in einen cylindrischen Behälter, in welchem die Vermischung mit den Reagentien und das Absetzen der ausgeschiedenen schwereren Kalk- und Magnesiasalze von statten geht und zuletzt in die Filter, aus denen es vollkommen klar abfliesst. Ist es zum Speisen von Dampfkesseln bestimmt, so wird es noch warm durch Druckpumpen in den Kessel gefördert. Von der erst genannten Pumpe wird zugleich die erwähnte kleine Pumpe angetrieben, welche die Lösung der Chemikalien in genau abgemessenen Mengen in den Mischkessel pumpt.

Die beschriebenen Filtrirapparate sind selbstverständlich überall zu verwenden, wo es sich um das Klären von Wasser für beliebige Zwecke handelt, und um so mehr zu empfehlen, als sie die Möglichkeit gewähren, sehr grosse Filtrirflächen in einem kleinen Raum anzubringen. In der Regel beträgt die Breite und Länge der Filter 1,2 bis 1,5 *m*, die Fläche demnach etwa 1,5 bis 2,25 *qm*, so dass 6 Platten schon eine Filterfläche von 18 bis 28 *qm* darbieten.

Nichtdestoweniger stehen zum Klären des Wassers noch andere Mittel zu Gebote, von welchen besonders Sand und Kies hervorzuheben sind. — Zur Bildung eines Filters aus Sand genügt in vielen Fällen eine mit Thon ausgeschlagene in der Erde liegende Grube, die man mit Filtersand ausfüllt, nachdem man in der Mitte desselben aus durchlässigem Material (Hohlziegeln u. dgl.) einen Brunnenschacht eingebaut hat. Indem das Wasser von oben oder seitwärts dem Sandkörper zugeführt wird, gelangt dasselbe filtrirt in den Brunnen, dem man es zum Gebrauch durch Pumpen u. dgl. entnimmt. — Mitunter bedient man sich auch vertikaler Sandschichten, die von zwei Kiesschichten eingeschlossen werden, welche sich zwischen zwei aus durchbohrten Dielen gebildeten Wänden befinden.

Zweiter Abschnitt.

Feuerungsanlagen.

Jede Feuerungsanlage zerfällt wesentlich in 3 Teile, in

1. den zur Erzeugung der Wärme dienenden Apparat (Herd, Feuerung),
2. den zur Abgabe der erzeugten Wärme bestimmten Teil (Feuerzüge),
3. die zur Entfernung der gasförmigen Verbrennungsprodukte erforderliche Einrichtung (Abzug, Schornstein, Gebläse),

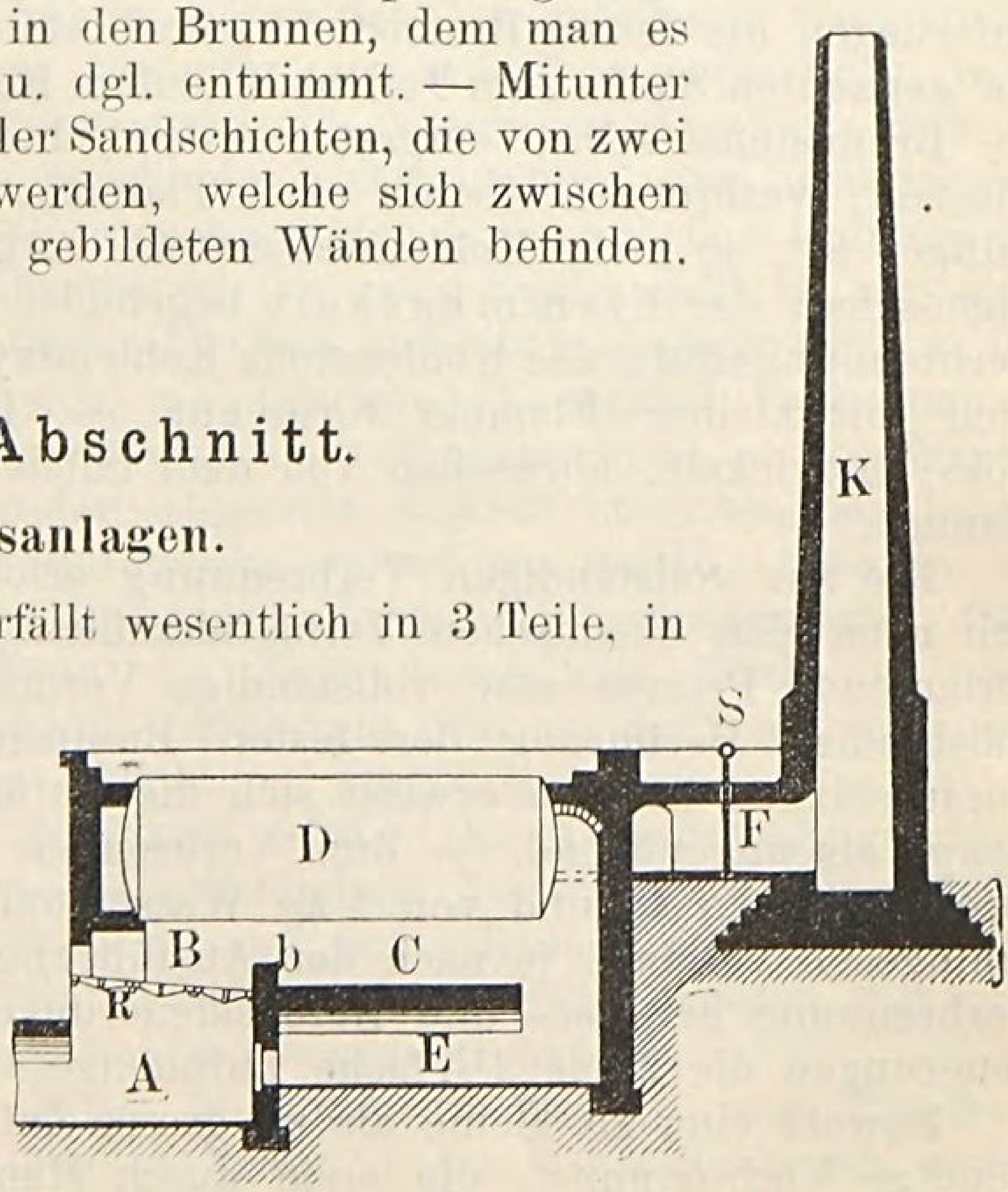


Fig. 320.

und gliedert sich demzufolge nach dem Schema Fig. 320, in welcher A B den Herd, C D die Feuerzüge und F K den Abzug darstellen.

Erstes Kapitel.

Feuerungen.

Unter Verbrennung wird bei Feuerungsanlagen derjenige Prozess verstanden, der sich unter Entwicklung von Wärme und Licht bei der Vereinigung der Brennstoffe mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft vollzieht. Eine Verbrennung bedingt daher zunächst die Zufuhr einer ausreichenden Menge Luft und ausserdem das Vorhandensein einer Temperatur, bei welcher die genannte Vereinigung unter den bezeichneten Erscheinungen vor sich geht (Entzündungstemperatur) und deren Erhaltung während des Verbrennungsvorganges daher selbstverständlich ist, weil bei einer niedrigeren Temperatnr die Verbrennung aufhört.

Die hier in Betracht kommenden Brennstoffe enthalten als eigentliche brennbare Substanzen nur Kohlenstoff und Wasserstoff, so dass diejenigen Brennstoffe am wirksamsten sind, die hiervon am mehrsten und von unverbrennlichen Teilen (Erde, Wasser u. s. w.) am wenigsten enthalten. Demnach werden die Verbrennungsbedingungen auch in erster Linie von Kohlenstoff und Wasserstoff bestimmt.

Unter der Voraussetzung einer genügenden Zufuhr von Luft und einer ausreichenden Temperatur verwandelt sich der Kohlenstoff beim Verbrennen in Kohlensäure, der Wasserstoff in Wasser; demnach bilden bei vollständiger Verbrennung Kohlensäure und Wasser allein die Verbrennungsprodukte. Infolge der bei der Verbrennung entstehenden Temperatur unterliegen die festen Brennstoffe jedoch einem Destillationsprozesse, indem die genannten Stoffe zum Teil als flüchtige Kohlenwasserstoffe ausgetrieben: die Brennstoffe selbst entgast werden. Indem sich diese Gase mit Luft mischen, verbrennen sie mit einer Flamme, die um so grösser und nachhaltiger ist, je mehr Kohlenwasserstoffe vorhanden sind, und welche die Eigenschaft der Flammbarkeit begründet. Daneben bildet sich als erste Verbrennungsstufe des Kohlenstoffs Kohlenoxydgas, welches ebenfalls wenn auch mit kleiner Flamme verbrennt. — Fester Kohlenstoff (Holzkohle, Koks) entwickelt, abgesehen von dem entstehenden Kohlenoxydgas, keine Flamme. —

Die zur vollständigen Verbrennung erforderliche Luftmenge bestimmt sich nach den chemischen Verhältniszahlen. Weil aber der vollkommen verlaufende Prozess eine vollständige Vermischung der Gase und ebenso vollständige Berührung der festen Brennstoffe mit dem Sauerstoff zur Voraussetzung hat, so erweist sich die Zuführung der theoretischen Luftmenge als ungenügend. — Zum Verbrennen von 1 *kg* Kohlenstoff genügen theoretisch 11,7 *kg* und von 1 *kg* Wasserstoff 35 *kg* Luft. In Wirklichkeit dahingegen verlangt je nach der Ausführung der Anlage die vollständige Verbrennung bei Gas- und Halbgasfeuerungen etwa die $1^1/_2$, bei anderen Feuerungen die 2 bis $2^1/_2$fache Luftmenge.

Sowohl eine zu kleine als zu grosse Zufuhr von Luft hat eine unvollständige Verbrennung, die erste durch Mangel an Sauerstoff, die zweite durch Abkühlung, und damit einen entsprechenden Verlust an Brennstoff

zur Folge. Diese unvollständige Verbrennung macht sich entweder bemerkbar durch das Vorhandensein brennbarer Gase in den Verbrennungsprodukten oder durch das Auftreten von Rauch und Russ. — Die letzteren scheiden sich aus den ausgetriebenen Gasen aus, wenn diesen der Luftzutritt fehlt oder wenn eine Abkühlung unter den Entzündungspunkt eintritt. Das Sinken unter die Entzündungstemperatur wird namentlich veranlasst:

1. wenn eine grössere Brennstoffmenge plötzlich in den Feuerraum gelangt, weil diese eine entsprechend bedeutende Menge Wärme aufnehmen muss und in der Regel auch Wasser enthält, das zu verdampfen ist;
2. wenn (z. B. durch Öffnen der Heizthüren) übermässige Luftmengen sich den Gasen beimischen und diesen dadurch Wärme entziehen;
3. wenn die Gase auf ihren Wegen durch die Feuerzüge kalte Flächen berühren, was namentlich beim Anheizen der Fall ist.

Bei langen Feuerzügen und bedeutenden Temperaturerniedrigungen scheiden sich oft die unter dem Namen Teer bekannten flüssigen Produkte aus.

Da die Rauch- und Russerzeugung das Vorhandensein von Brenngasen voraussetzt, so erklärt sich hieraus die geringe Bildung dieser Ausscheidungen beim Brennen solcher Stoffe, welche keine oder sehr wenig flüchtige Bestandteile enthalten (Holzkohle, Koks, Anthrazit). Aus diesem Grunde wird durch Anwendung solcher Stoffe als Brennmaterial eine Verbrennung möglich, bei welcher sich gar kein oder nur sehr wenig Rauch entwickelt. — Andere Mittel zur Verhütung übermässigen Rauchens ergeben sich aus den Entstehungsursachen des Rauches. Vor allem ist eine plötzlich auftretende grössere Gasbildung zu vermeiden durch Speisung des Feuers mit solchen kleinen Mengen von Brennmaterial, dass die gebildeten Gase immer genügend Sauerstoff und Wärme vorfinden, um sofort zu verbrennen, wozu als sehr wirksames Unterstützungsmittel die Verteilung der Gase über die ganze Fläche hinzutritt, durch welche die Luft zugeführt wird, weil dadurch eine schnelle Berührung und Vermischung der Gase mit der Luft erfolgt. Ist die Entstehung grösserer Gasmengen an einer Stelle nicht zu umgehen, so sei dafür Sorge getragen, dass die Gase auf einer längeren Strecke bei genügend hoher Temperatur noch ausreichenden Sauerstoff vorfinden um somit nachträglich vollständig verbrennen zu können, wozu es von Vorteil ist, die Gase über die glühenden entgasten Kohlen streichen zu lassen. Wenn irgend möglich ist die Luftzufuhr derart zu regeln, dass in der eigentlichen Verbrennungszone die ganze Menge der ausgetriebenen Gase zur Verbrennung gelangen kann. — Eine wesentliche Förderung vollkommener Verbrennung ist durch Zuführung warmer Luft zu erreichen, weil hierdurch nicht nur der Abkühlung vorgebeugt, sondern auch die Intensität der Verbrennung gesteigert wird. Die Anwendung genügend vorgewärmter Luft gestattet eine vollständige Verbrennung selbst kalter Gase und hat dementsprechend dort eine hohe Bedeutung, wo die Verbrennungsgase absichtlich an einem anderen Orte erzeugt werden und wenn es sich um die Hervorbringung hoher Temperatur handelt.

Die Betrachtung dieser Mittel zur Rauchverhütung und Rauchverbrennung ergiebt, dass dieselben entweder in der Behandlung des Feuers oder in besonderen Verhältnissen beziehungsweise baulichen und sonstigen

Einrichtungen der Feuerungsanlagen begründet sind. Da sie ausserdem in der Regel die beste Ausnutzung der Brennstoffe gewährleisten, so verdienen sie die grösste Beachtung.

Der Feuerraum oder Herd muss nicht nur den verschiedensten Zwecken sondern namentlich den einzelnen Brennmaterialien angepasst werden. In Bezug auf diese teilt man daher die Feuerungen passend ein in

1. Feuerung für feste Brennstoffe;
2. Feuerung für flüssige Brennstoffe;
3. Feuerung für gasförmige Brennstoffe.

I. *Feuerung für feste Brennstoffe.*

Als feste Brennstoffe kommen hier in erster Linie in Betracht: Steinkohle, Braunkohle, Torf und Koks, in zweiter Linie: Holz, Holzkohle, Briquette. —

Beim Verbrennen der festen Brennstoffe bleiben die in den letzteren vorhandenen mineralischen Substanzen als Asche zurück, die zum Teil als Flugasche mit den Heizgasen abzieht, zum andern gewöhnlich überwiegend grösseren Teil jedoch, und zwar oft zu Schlacke zusammengeschmolzen, stetig aus dem Herde entfernt werden muss, wenn keine Störung im Verbrennungsprozesse eintreten soll. Aus dem Grunde ist bei der Anlage einer Feuerung für festes Brennmaterial nicht nur allein dafür zu sorgen, dass die Luft genügend Zutritt findet, sondern auch dafür, dass die Entfernung der Asche sich leicht bewerkstelligen lässt.

Die Erfahrung lehrt, dass im allgemeinen durch eine heftige Verbrennung ein höherer Wirkungsgrad der Brennstoffe erzielt wird als durch eine schwache und langsame. Aus dem Grunde ist bei einer Feuerungsanlage die Zuführung der Luft in der Weise anzuordnen und zu regeln, dass mit möglichst wenig Überschuss an Luft ein möglichst schneller Wechsel, also Durchgang der Luft durch das Brennmaterial, und ausserdem eine möglichst gleichmässige Verteilung der Luft stattfindet. Einen genügenden Zug vorausgesetzt sind diese Bedingungen zu erfüllen durch Beschaffung einer thunlichst grossen Fläche für den Zutritt der Luft, sowie durch eine solche Verteilung und Richtung der Luftmenge, dass die zutretende Luft das Bestreben erhält, beim Durchstreichen des Brennmaterials überall die gleiche Bewegungsrichtung anzunehmen, d. h. dass getrennte Luftströme parallele Richtungen erhalten.

Ausserdem kommt hier noch die Dicke der Lage des Brennmaterials in Betracht. Nicht nur weil diese je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials mehr oder weniger den Durchtritt und die Fortbewegung der Luft erschwert, sondern namentlich deshalb, weil davon die Menge und die Geschwindigkeit der zuzuführenden Luft abhängt. — Bei jeder Feuerungsanlage besteht die Absicht eine bestimmte Wärmemenge in einer bestimmten Zeit hervorzubringen, demgemäss eine bestimmte Menge Brennstoff zu verbrennen, wozu eine bestimmte Menge Luft erforderlich ist. Müssen zu diesem Zwecke K *kg* Brennstoff in z. B. einer Stunde verbrannt werden, und bezeichnet man mit R die davon bedeckte Fläche, mit d die Dicke

der Schicht, sowie mit $\mathfrak{v}$ den mittleren Rauminhalt eines *kg* Brennmaterials so ist:

$$R\,d = \mathfrak{v}\,K \text{ also } R = \frac{\mathfrak{v}\,K}{d}$$

d. h. die Fläche R ist direkt proportional der zu verbrennenden Brennstoffmenge bei gleicher Schichtdicke d und umgekehrt proportional der letzteren. — Wird nun angenommen, dass die Luft mit einer Geschwindigkeit v auf der Fläche R eintritt, so ist die zugeführte Luftmenge:

$$Q = v\,R = \frac{v\,\mathfrak{v}\,K}{d}$$

Soll demnach z. B. auf derselben Fläche R die doppelte Menge verbrannt werden, indem man die Schichte d verdoppelt so ist, um auch die doppelte Luftmenge zuzuführen, die Geschwindigkeit v also der Zug zu verdoppeln.

Die wirkliche Grösse der Rostfläche R hängt insbesondere auch von dem Brennmaterial ab; im allgemeinen kann man annehmen, dass auf 1 *qm* R in der Stunde 50 bis 90 *kg* Steinkohle oder 100 bis 300 *kg* Braunkohle verbrennen, bei einer Zuggeschwindigkeit v von etwa 7 bis 8 *m* in der Sekunde.

Um in einer Feuerung die Verbrennung in einfacher und sicherer Weise zu ermöglichen, wird das Brennmaterial von einer Platte getragen oder gestützt, welche die Luft durchzulassen hat und demgemäss mit Oeffnungen versehen, also durchbrochen ist. Diese Stütze ist der Rost R (Fig. 320 S. 293).

In der Regel wird der Rost aus Stäben (Roststäben) gebildet, die in der Weise neben einander gelegt werden, dass sie Zwischenräume (Spalten, Rostspalten) zwischen sich lassen, durch welche die Luft zum Brennmaterial gelangt und durch welche die Asche und Schlacke in den unter dem Roste befindlichen Raum (Aschenfall A (Fig 320 S. 293) fällt. Die ganze von dem Roste eingenommene Fläche wird die Rostfläche (totale Rostfläche), diejenige Fläche dahingegen, welche die Gesammtheit der Spalten ausmacht, die freie Rostfläche genannt. — Die Betrachtung der Aufgabe eines Rostes führt zu den Bedingungen, die derselbe zu erfüllen hat und demgemäss zu den Regeln für die Anordnungen desselben. Als Hauptbedingungen sind anzusehen:

1. Durchlassung genügender Luftmenge;
2. Verhütung des Durchfallens unverbrannter Teile;
3. Leichtes Freihalten (Reinigen) der Spalten;
4. Dauerhaltigkeit.

Zur Beurteilung der zur Durchlassung der Luft bestimmten freien Rostfläche ist zu berücksichtigen, dass die Luft sich über dem Roste infolge der Wärme ausdehnt und dadurch ausbreitet, dass die Form des Brennmaterials (grosse oder kleine Stücke) sowie die Schichthöhe dem Durchdringen sehr verschiedenen Widerstand und Querschnitt darbieten, und dass auch die Spalten zum Teil von dem Brennmaterial geschlossen werden. — Während die ganze Rostfläche (R) in jedem einzelnen Fall nach der in einer Zeiteinheit zu verbrennenden Brennstoffmenge ermittelt wird, ist bezüglich der freien Rostfläche (F) annehmen:

$F = 1/3$ bis $1/2$ R für Steinkohle- und Koksfeuerung
$F = 1/5$ „ $1/3$ R für Braunkohlenfeuerung
$F = 1/7$ „ $1/5$ R für Holz- und Torffeuerung.

Die freie Rostfläche lässt sich entweder durch wenige breite oder durch zahlreiche schmale Spalten erzielen. In Rücksicht auf eine zweckmässige Verteilung der Luft und bessere Verhütung des Durchfallens unverbrannter Teile, sind grundsätzlich enge (6 *mm* weite) Spalten anzuordnen und dieselben im allgemeinen nicht breiter als 16 *mm* zu machen. Gewöhnlich wählt man als Spaltenweite (e)

4 bis 5 *mm* für kleine Steinkohlen;
6 „ 10 „ „ gewöhnliche Steinkohlen;
6 „ 8 „ „ Koks;
12 „ 15 „ „ Torf;
5 „ 6 „ „ Holz.

Zum Reinhalten des Rostes dienen hakenartige Werkzeuge, welche in den Spalten hinundher bewegt werden. Um diese Arbeit leicht ausführen zu können sind stets geradlinige Rostspalten allen anderen vorzuziehen.

Die Vergänglichkeit der Roststäbe hängt ausschliesslich mit der Tempaxatur zusammen, welche unmittelbar über dem Roste herrscht und durchgehends so hoch ist, dass Gusseisen davon geschmolzen und Schmiedeisen derart erweicht wird, dass Stäbe aus letzterem Material durch ihr eigenes Gewicht sich durchbiegen und dadurch die Brauchbarkeit verlieren. Das einzige Mittel die Vergänglichkeit zu beschränken besteht demnach, abgesehen von der Wahl eines passenden Materials, darin, die Stäbe der Einwirkung der hohen Temperatur durch Abkühlung möglichst zu entziehen. Da hierzu die Ausstrahlung nach unten nicht genügt, so benutzt man die unter den Rost tretende Luft zu diesem Zwecke, indem sie den Stäben beim Durchströmen Wärme entzieht und zwar um so mehr, je mehr Fläche von der Luft bestrichen wird, Deshalb gilt es als Regel, die Roststäbe hoch anzuordnen, weil aus genanntem Grunde hohe Roststäbe dauerhafter sein müssen, indem sie an den grossen, die Spalten bildenden Flachseiten auch der Luft grosse Kühlungsflächen darbieten. Zu vermeiden ist dabei die Herstellung grösserer Kühlflächen durch Anbringung von Durchbrechungen, soweit diese die Tragfähigkeit der Stäbe beeinträchtigen. Wenn man endlich noch den Umstand berücksichtigt, dass zur Gewinnung einer grossen freien Rostfläche dünne Stäbe beitragen und dass dem Festsetzen der Asche und Schlacke in den Rostspalten durch eine Erweiterung der letzteren nach unten vorzubeugen ist, so ergiebt sich als gewöhnlichste, weil zweckmässigste Querschnittsform der Roststäbe die eines schlanken Keiles mit der Verjüngung nach unten. Die Höhe des Stabes pflegt ohne Grund gewöhnlich in der Mitte grösser zu sein als an den Enden; in Bezug auf die gleiche Abkühlung sollte die Höhe überall dieselbe sein.

Sehr verschieden ist die Länge des Rostes und der einzelnen Roststäbe. Dieselbe ist insofern abhängig von der Behandlung des Rostes, als ein Rost von mehr als 2 *m* Länge die Bedienung derart erschwert, dass grössere Längen nur in besonderen Ausnahmefällen vorkommen. Dahingegen wird die Länge eines Stabes am zweckmässigsten der Dicke desselben angepasst, weil sich unter dem Einfluss der Hitze dicke Stäbe auf grösseren Entfernungen frei tragen als dünne. Im allgemeinen beträgt die Länge etwa das 50fache der oberen Stabdicke, höchstens aber 1 *m*. Lange Roste sind daher aus mehreren in der Länge an einander stossenden Stäben zusammengesetzt, die an den Stössen auf Querträgern (Rostträgern) aufruhen.

Als Material zur Anfertigung der Roste dient in der Regel Gusseisen, welches schwer schmelzbar (also frei von Phosphor) sein soll und zweckmässig als Hartguss (Gruson) verwendet wird. In einzelnen Fällen stehen Roste aus Schmiedeisen in Gebrauch, welches zu dem Zwecke besonders in Trapezform gewalzt und in den verlangten Längen abgeschnitten wird.

Kleine Roste giesst man in einem Stück, so dass die Stäbe durch einen viereckig oder rund herumlaufenden Rand zusammengehalten werden. Da solche Roste durch Zerbrechen eines einzigen Stabes unbrauchbar werden, so bildet man die grösseren Roste stets aus auswechselbaren Stäben, welche im Herde auf Trägern ruhen.

Die gebräuchlichsten Roste sind in Fig. 321 zusammengestellt. Die einzelnen Stäbe ruhen mit ihren Köpfen a, b auf den Trägern P, Q, R. Hiervon ist P die sog. Feuerplatte, welche die Schwelle der Feuerthür bildet und entweder die vordere Herdmauer abdeckt oder an beiden Enden befestigt wird, z. B. in den Flammröhren der Dampfkessel. Der mittlere Träger Q liegt stets frei, mit den Enden vom Mauerwerk gestützt oder in den Flammröhren befestigt. Der Träger R ist in die Rückwand des Aschenfalls eingelassen. Damit die Roststäbe nicht zusammenrutschen, sondern die Breite der Rostspalten sichern, sind sowohl an den Köpfen als auch in der Mitte Vorsprünge und Nasen n angebracht, deren Grösse der Spaltbreite entspricht.

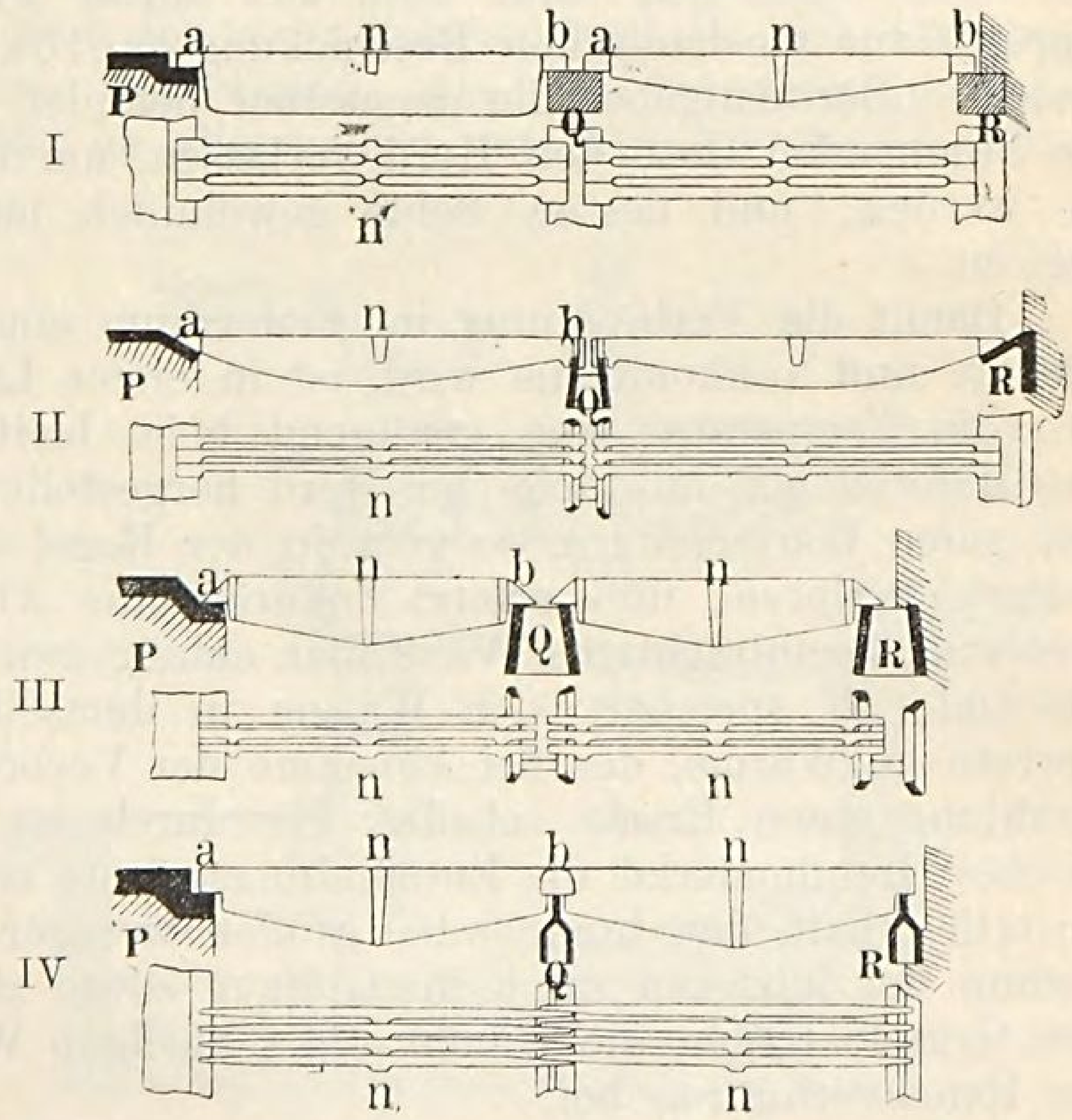


Fig. 321.

Da die Stäbe sich bei der Erwärmung ausdehnen und bei der Abkühlung wieder zusammenziehen, so giebt man ihnen für diese Bewegung einen Spielraum, um dadurch das Ausbauchen zu verhindern. Bei a und b der Anordnung I füllt sich dieser Spielraum jedoch leicht mit Asche oder Schlacke und wird infolge dessen oft wirkungslos. Deshalb ist die Form der Köpfe in II und III vorzuziehen, weil hierbei von den Köpfen die Asche weggeschoben wird. Allerdings verlangt diese Kopfform, dass die Stäbe, um nicht abzurutschen, zum Auflagern auf den Träger Q mit hakenartigen Köpfen versehen werden. — Sehr zweckmässig ist die sehr verbreitete Rostkonstruktion IV (Mehl), bei welcher die Köpfe auf dem Träger Q sich fingerartig in einander schieben, damit eine ununterbrochene Fläche bilden und einer ungehinderten Bewegung fähig werden. — Die vollen Träger Q in Fig. I nehmen einen nicht unbeträchtlichen Teil der freien Rostfläche fort und geben zugleich Veranlassung zum übermässigen Erhitzen

(Abschmelzen) der aufruhenden Köpfe. Um dieses zu vermeiden sind die Träger in II, III und IV entstanden, welche entweder aus zwei durch Querwände verbundenen Wangen (II, III) oder einer schmalen, zur Hervorbringung genügender Tragfähigkeit nach unten ∩ förmig erweiterten Schiene (IV) gebildet sind.

Der Feuerungsraum wird der Hauptsache nach (Fig. 320 S. 293) aus zwei Teilen gebildet: aus dem Verbrennungsraum B, in dem die Verbrennung eingeleitet und zum Teil zu Ende geführt wird, und aus dem Aschenraum (Aschenfall) A zur Aufnahme der unverbrannten Rückstände. An der freien Seite ist eine Vorrichtung angebracht, welche zum Einbringen (Aufgeben) des Brennmaterials dient (Beschicken) und entweder aus einer einfachen Thür oder aus einem Fülltrichter oder aus einem Apparat zur mechanischen Beschickung (selbstthätiger Aufschütter) besteht. Der Aufgebestelle gegenüber befindet sich der Kanal, durch den die brennenden Gase den Herd verlassen, um ihrer Bestimmung zugeführt zu werden, und dessen Sohle gewöhnlich mit einer Feuerbrücke b beginnt.

Damit die Verbrennung im Feuerraum eine möglichst stetige, gleichmässige und vollkommene wird, ist in erster Linie dafür Sorge zu tragen, dass die Temperatur eine genügend hohe bleibt. Hierzu trägt vor allem das Material bei, aus dem der Herd hergestellt wird. Gehört dasselbe zu den guten Wärmeleitern, so geht in der Regel erheblich viel Wärme durch Leitung verloren, und erfolgt dadurch eine Abkühlung, welche die Verbrennung beeinträchtigt. Wählt man dahingegen ein schlecht wärmeleitendes Material, so speichert sich Wärme in demselben auf und entsteht ein Vorrath an Wärme, der bei Abnahme der Verbrennungswärme sofort durch Strahlung einen Ersatz schafft. Hierdurch ist zu erreichen, dass kaltes frisches Brennmaterial die Entzündungswärme zum grossem Teil von diesem Vorrath erhält, den brennenden Stoffen weniger Wärme entzieht und ohne Zuthun der letzteren rasch ins Glühen, sowie zur Vergasung gelangt. Aus dem Grunde tragen die Wände aus schlechten Wärmeleitern auch erheblich zur Rauchverhütung bei.

Selbstverständlich haben die Wände des Feuerraums der Hitze möglichst lange Widerstand zu leisten und werden demnach aus feuerfesten Steinen, seltener aus einer Mischung von grobem Chamottescherbenpulver und Thon hergestellt. Um die an und für sich schon geringe Wärmeleitungsfähigkeit dieses Mauerwerkes noch günstiger zu gestalten, empfiehlt es sich, hohle Wände anzuordnen. — Bei solchen gemauerten Herden sind die Einfassungsmauern stets vertikal aufzumauern, damit der Luftstrom möglichst parallel erhalten bleibt. Die Decke bildet ein flaches Rundbogen- oder scheitrechtes Gewölbe.

Feuerungen aus guten Wärmeleitern erhalten in der Regel eiserne Wände und finden namentlich da Anwendung, wo die Wände die Wärme unmittelbar weiter zu leiten bestimmt sind (z. B. Innenfeuer in Dampferzeugern, Oefen in Heiz- und Trockenräumen u. dergl.). — In einzelnen Fällen z. B. bei den sog. Feuerbüchsen dient als Material vorzugsweise Kupfer.

Bezüglich der Anlage des Rostes in dem Herde haben sich zwei Hauptformen ausgebildet, je nachdem die Roststäbe nebeneinander oder übereinander angeordnet werden. Liegen die Stäbe nebeneinander so

nennt man den Rost Planrost, liegen sie übereinander, so bilden sie eine mehr oder weniger steile Treppe, weshalb diese Anordnung den Namen Treppenrost erhalten hat. Die Lage der Roste ist entweder eine horizontale oder so wenig geneigte, dass das Brennmaterial nicht ins Rutschen kommen kann, oder eine so stark geneigte, dass das Brennmaterial an dem Rost hinunterrutscht. Da die horizontalen Roste stets nach Art der Planroste gebildet werden, so bezeichnet man sie auch gewöhnlich als Planroste gegenüber den steilen Schrägrosten, zu welchen die Treppenroste gehören.

A. Planrostfeuerungen.

Die Planrostfeuerungen sind die verbreitetsten, weil sie sich für sämtliche Brennstoffe eignen. Ihre Einrichtung, die sich im einzelnen nach ihrer Bestimmung richtet, geht im allgemeinen aus Fig. 322 hervor. Der Feuerraum wird durch den Rost R in den Verbrennungsraum B und den Aschenraum A eingeteilt. Der Aschenraum A steht durch ein kurzes Gewölbe W mit einem Aschenkanal D in Verbindung, zu welchem die Sohle des ersteren zweckmässig abfällt. Desgleichen befindet sich bei U ein Verschluss durch den die Verbrennungsluft in den Aschenraum und unter den Rost R gelangt. Dieser Verschluss ist entweder als Thür, Schieber oder Klappe aus Eisen hergestellt und dient zugleich in Verbindung mit einem Rauchschieber zur Regelung des Luftzutrittes. Der Rost R liegt entweder horizontal oder nach der Feuerbrücke F ein wenig geneigt, um das Herunterschieben des Brennmaterials zu erleichtern. An der Vorderseite der Feuerung sitzt mitten vor dem Roste die Feuerthür T aus Gusseisen mit einer durch vier Stege damit verbundenen schmiedeisernen Vorplatte zum Abhalten der Glut von der Thür.

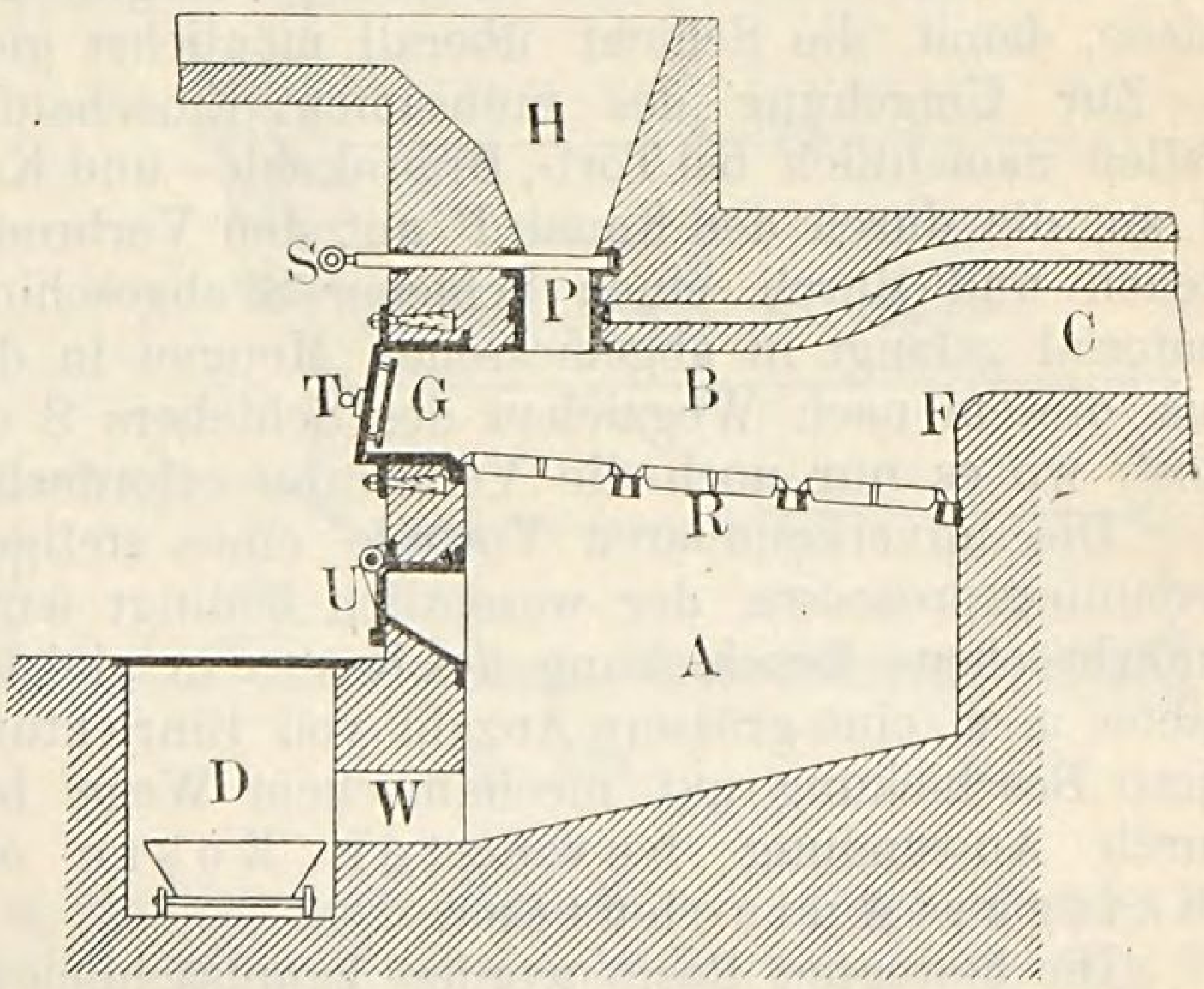


Fig. 322.

Die Thür ist entweder ein- oder zweiflügelig, im ersten Falle gewöhnlich für Öffnungen von etwa 37 *cm* Breite und 31 *cm* Höhe, im zweiten Falle für grössere Öffnungen. Sie ist um Scharniere drehbar, welche etwas schräg angeordnet sind, damit sich die Thür durch das eigene Gewicht mit eben gehobelten Leisten an ebenfalls ebene Leisten des Thürrahmens (Zarge, Geschränk) G zu einem dichten Abschluss anlegt. Die Zarge G bildet einen viereckigen, oben gewölbartig geformten Rahmen, der mittels Ankerschrauben vor der Mauer befestigt wird und dessen Boden entweder zugleich die Feuerplatte bildet oder mit dieser in einer Ebene

liegt oder sich zu ihr abwärts neigt — Zur Vermeidung des Zerspringens wird die Zarge oft aus vier einzelnen durch Schrauben verbundenen Teilen hergestellt. — Zur Beobachtung des Feuers pflegt man neben der Feuerthür durch Einmauern kurzer Eisenrohrstücke mit Glas- oder Marienglas-Verschluss sog. Schaulöcher anzubringen.

Den hinteren Abschluss findet der Verbrennungsraum B durch die Feuerbrücke F, hinter welcher der zur Fortleitung der Gase dienende Canal C also auch der zweite Teil der Anlage beginnt. Die Feuerbrücke hat den Zweck, den Herd abzuschliessen und der Luft etc. eine vertikale Aufwärtsbewegung zu geben, damit über der Feuerbrücke die Mischung gefördert wird, weshalb die Vorderwand der Feuerbrücke rechtwinklig zum Roste steht. — Die geschwungen verlaufende Decke ist aus zwei Teilen über einander hergestellt, um einen Zwischenraum als schlechten Wärmeleiter zu gewinnen.

Ganz allgemein erfolgt das Aufgeben des Brennmaterials durch die Thür T vermittelst Einschaufelns und sorgfältigen Verteilens über die Rostfläche, damit die Schicht überall möglichst gleich dick den Rost bedeckt. — Zur Umgehung des mühsamen Einschaufelns bringt man in vielen Fällen namentlich bei Torf-, Braunkohle- und Koksfeuerungen Einfülltrichter H an, die durch den Kanal P mit den Verbrennungsraum B in Verbindung stehen und durch einen Schieber S abgeschlossen werden. Das Brennmaterial gelangt in abgemessenen Mengen in den eisernen Trichter H und aus diesem nach Wegziehen des Schiebers S durch den Kanal P auf den Rost, wo es nur noch die Verteilung erforderlich macht.

Die unverkennbaren Vorteile eines stetigen und gleichmässigen Verbrennungsprozesses, der wesentlich bedingt wird durch eine möglichst ununterbrochene Beschickung des Rostes in gleicher Dicke mit Brennmaterial, haben u. a. eine grössere Anzahl von Einrichtungen hervorgebracht, welche diese Beschickung auf mechanischem Wege bewirken und zwar entweder durch Anwendung bewegter Roste oder besonderer selbstthätiger Aufschütter.

Die bewegten Roste werden hauptsächlich auf dreierlei Art ausgeführt. Nach der einen Art bestehen sie in wagrechten grossen runden mit Rostspalten versehenen Scheiben, die mittels Zahnräder um eine vertikale Achse in Drehung versetzt werden und dabei von einem mit Brennmaterial gefüllten Rumpf ihre Beschickung erhalten, deren Höhe von dem Abstand zwischen Scheibe und Rumpfkante bemessen wird. — Nach der zweiten Art bilden die Roststäbe mit zwei endlosen über zwei Walzen gelegten Ketten einen Rost ohne Ende (Kettenrost), der durch Drehung der Walzen sich in horizontaler Richtung durch den Herd bewegt, dabei aus einem Rumpf das Brennmaterial aufnimmt, dessen Lagendicke durch einen Schieber geregelt wird. Da dieser Kettenrost sich am Ende nach unten wendet, so erfolgt auch die Reinigung desselben selbstthätig. — Nach der dritten Art liegen die Roste in dem Mantel eines Cylinders, der langsam um seine horizontale Achse gedreht wird. Bei einer Anordnung dieser Art (Rohweder) sind an dem Umfange einer Trommel (deren Länge gleich der Breite der Feuerung) 12 Rostkörbe aus bogenförmigen (◡) Roststäben gebildet, deren jeder einzelne zum Zwecke des Schürens mittels Daumenscheibe und Nase in schwingende Bewegung versetzt werden kann und die derart bemessen sind, dass mindestens zwei bis drei von ihnen

gleichzeitig dem Feuerraum zugekehrt liegen. Die Drehung erfolgt mit Hilfe eines Schneckengetriebes.

Von den selbstthätigen Aufschüttern sind hauptsächlich folgende bemerkenswert. — 1. An Stelle der Feuerthür befindet sich vor dem Roste ein mit Brennmaterial gefüllter Trichter und unter diesem Trichter ein von einer Kurbel bewegter Gleitschieber. Dieser Gleitschieber schiebt das aus dem Trichter fallende Brennmaterial auf den Rost und damit das auf dem Roste liegende in kurzen Zeiträumen weiter vor (B e l l). — 2. Unter dem Fülltrichter liegen neben einander in der Verlängerung des Rostes einige sich drehende Transportschnecken, welche das aus einem Rumpf zwischen die Gänge gefallene Brennmaterial ununterbrochen auf den Rost schieben (S c h u l t z). — 3. Der in Fig. 323 dargestellte Apparat (L e a c h) ahmt die Handarbeit nach, indem derselbe das Brennmaterial durch Schleudern über den Rost verbreitet. Zur Aufnahme des Brennmaterials dient der Trichter A, der durch einen Schieber geschlossen werden kann und in dem ein hin- und hergehender Rührer r das Sinken des Inhaltes bewirkt. Unter dem Trichter befindet sich ein kastenförmiger mit einer Zwischenwand versehener Verteilungsschieber s, dessen horizontale hin- und hergehende Bewegung vor dem Feuerraum von einer Kurbel mit Kurbelschleife (Fig. 81, S. 43) hervorgebracht wird. Dieser Schieber liegt über zwei Kammern t und führt abwechselnd der einen und der anderen Kammer eine abgemessene Menge Brennmaterial zu. Sodann befindet sich in jeder Kammer ein aus zwei Flügeln gebildeter rotirender Wurfapparat i, der das Material in den Verbrennungsraum schleudert, in dem eine Klappe k durch eine stetige Veränderung ihrer Stellung die gleichmässige Ausbreitung und Verteilung auf der Rostfläche bewirkt. Der Wurfapparat i sitzt auf einer Welle, welche 500 Umdrehungen in der Minute macht und zugleich mittels Schnecke, Schneckenrad, Kurbelschleife, Exzenter und Exzenterstange q den Verteilungsschieber s, den Rührer r und die Drehklappe k in Thätigkeit setzt. Das bei diesem Feuerungsapparate zur Verwendung kommende Brennmaterial darf eine gewisse Grösse der einzelnen Stücke nicht überschreiten, weshalb zur Benutzung grober Stückkohle über dem Verteilungsschieber an Stelle des Rührers r Zerkleinerungswalzen eingeschaltet werden können. Die unter dem Apparate angebrachte Feuerthür dient zum Schüren, Abschlacken und Reinhalten des Rostes, sowie zum Aufgeben im Fall die Transmission oder der Apparat selbst stillsteht. — 5. Der Kohlenaufschütter (S t r u p l e r) besteht aus einem auf Schienen laufenden leichten Wagen,

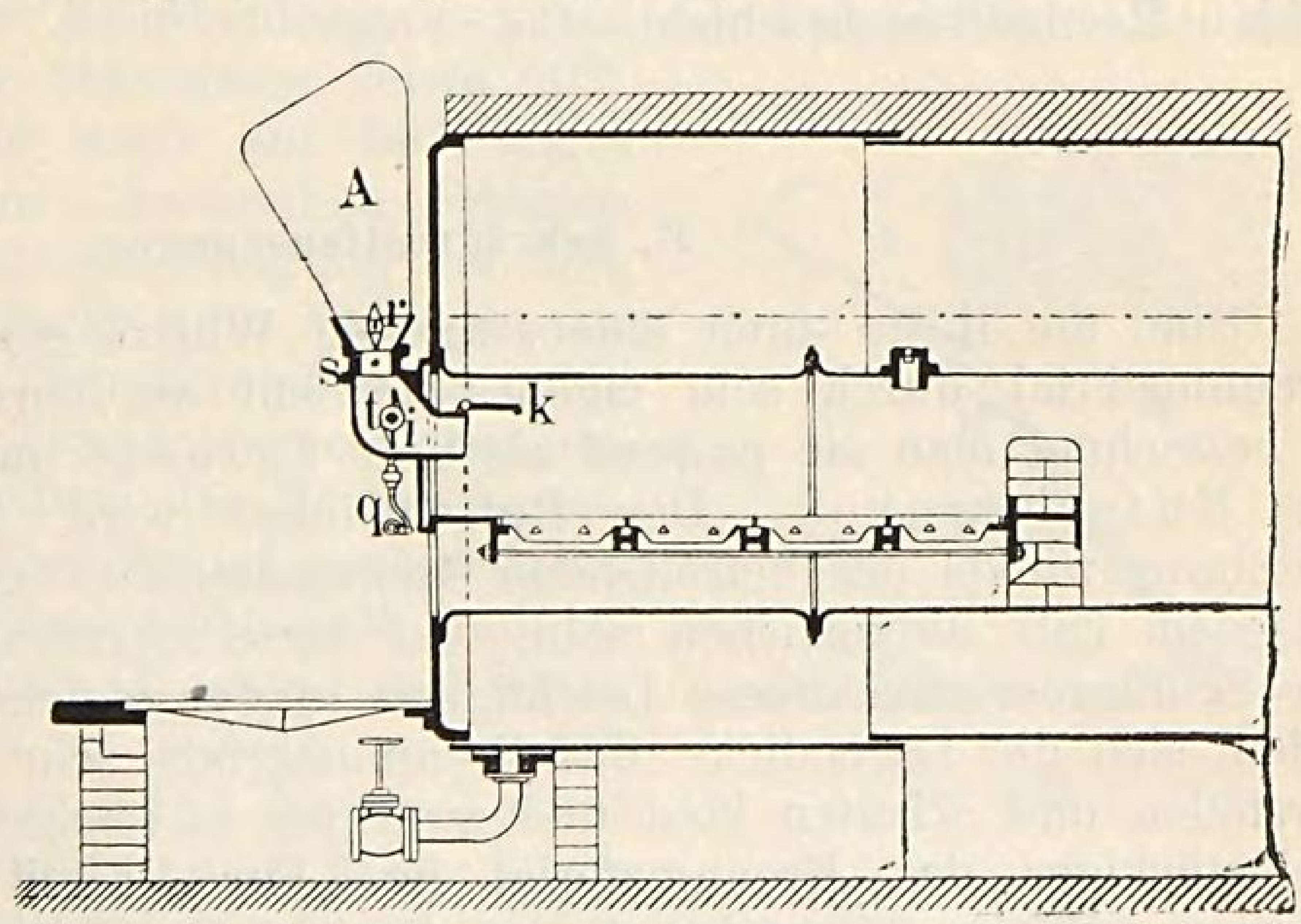


Fig. 323.

dessen Ladefläche sich aus einer Anzahl drehbarer schmiedeiserner Klappen zusammensetzt, welche in wagerechter Lage eine zusammenhängende Fläche bilden, auf der eine beliebig dicke Schicht ausgebreitet wird. Diese weit vorstehende Ladefläche wird durch die Feuerthür in den Herd geschoben, worauf sodann das aufgeschichtete Material, infolge einer Drehung der Klappen. in die senkrechte Lage, gleichmässig verteilt auf den Rost fällt. — 6. Als Aufschütter dient eine lange halbcylindrische Mulde aus Blech, die mit Brennmaterial gefüllt durch eine runde Thüröffnung in den Herd geschoben und durch Umkippen entleert wird. Zugleich besteht der Rost aus zwei von der Mitte aus nach beiden Seiten dachartig abfallenden Teilen, sodass die auf dem dadurch gebildeten Rücken getragene Mulde, einmal nach rechts, das andere Mal nach links gekippt, abwechselnd die beiden Rosthälften beschickt. (C a r i o).

B. Schrägrostfeuerungen.

Sind die Roste unter einem solchen Winkel geneigt gelegt, dass das Brennmaterial durch sein eigenes Gewicht an denselben herunterrutscht, so bezeichnet man sie passend als S c h r ä g r o s t e und den Neigungswinkel als R u t s c h w i n k e l. Der Rutschwinkel wird im allgemeinen dem Böschungswinkel des betreffenden Brennmaterials entsprechen und demnach in jedem Fall aufzusuchen sein. Ist derselbe richtig bestimmt, so bietet der Schrägrost eine grosse Leichtigkeit in der gleichmässigen Beschickung, indem sich die Lagendicke des Brennmaterials sehr leicht überall gleich herstellen und erhalten lässt und zwar um so leichter, je gleichartiger und kleinstückiger das Brennmaterial ist. Der Vorteil einer stetigen Verbrennung infolge einer konstanten Schichthöhe tritt daher besonders bei den Schrägrosten hervor, wenn auf denselben Material von obiger Beschaffenheit verbrannt wird.

Ein Schrägrost besteht entweder aus einem unter dem Rutschwinkel geneigten Planrost oder aus horizontalen über einander gelegten Stäben, welche Treppen bilden (T r e p p e n r o s t). Die letztere Anordnung ist die Regel, die erstere die Ausnahme; mitunter werden beide in der Weise vereinigt, dass die obere Hälfte als Treppenrost die untere als Planrost hergestellt wird.

Einen bewährten Treppenrost zeigt Fig. 324. Die aus etwa 8 *mm* dicken Flacheisen bestehenden Stäbe R, welche den Rost bilden, liegen in Entfernungen von etwa 20 *mm* übereinander und ruhen mit ihren Enden in gusseisernen Wangen, so dass sie leicht einzulegen und auszuwechseln sind. Zum Aufgeben des Brennmaterials dient der Rumpf A, aus dem dasselbe durch einen Schlitz auf den Rost fällt und unter dem Böschungswinkel abrutscht. Man erkennt daraus, dass die Schichtdicke abhängt von der Weite des Schlitzes und von der Neigung der Treppe. Deshalb ist zunächst die Schlitzweite durch den Schieber S dem Material anzupassen. Bekommt die Treppe die Neigung

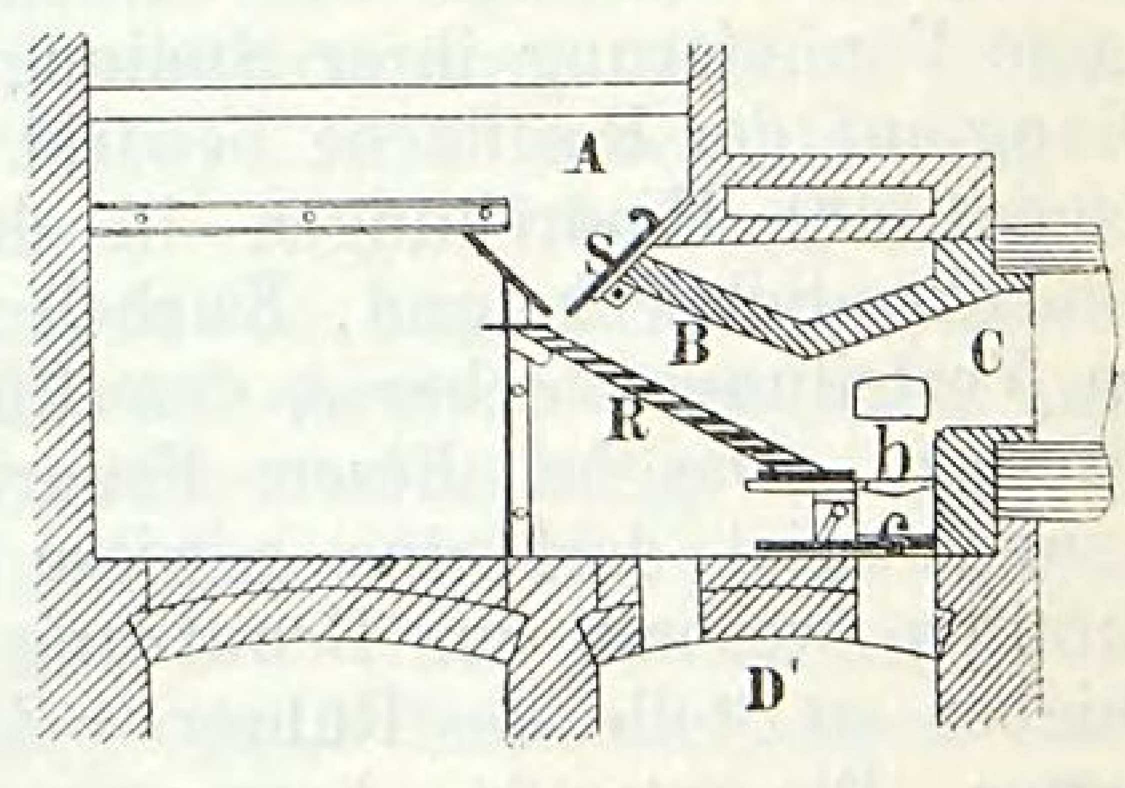


Fig. 324.

des Rutschwinkels, so bleiben die Oberflächen der Treppe und des Materials parallel und die Schicht erhält überall dieselbe Dicke. Ist jedoch die Treppe unter einem kleineren Winkel geneigt, so wird die Schicht oben entsprechend dicker. Gewöhnlich wird die Neigung derart gewählt, dass die Schicht oben um etwa 60 bis 75 *mm* dicker ausfällt als unten, weil dadurch die Hauptverbrennungszone nach dem unteren Teil des Rostes verlegt wird. Die Verbrennungsrückstände gelangen auf den aus Roststäben hergestellten Schieber b, sodann, nachdem dieser gezogen ist, auf den Schieber c und endlich von diesem in den Aschenraum D. — Der vorstehend beschriebene Treppenrost eignet sich besonders zum Verbrennen von Braunkohle, Torf, Sägespänen u. dergl. deren Rutschwinkel etwa 30 bis 32° beträgt, so dass die Treppe in der Regel 30° Neigung bekommt.

Zum Brennen von Steinkohlengrus muss der Treppenrost (Fig. 325) eine grössere Steilheit bekommen (etwa 50°), weil der Rutschwinkel auch auf 50° angenommen werden kann. Ausserdem erhalten die Stäbe R selbst noch eine Neigung von 15°, um die zähflüssige Schlacke zum Abfliessen zu bringen. Da bei der Treppenrostfeuerung für Steinkohlen sehr hohe Temperaturen entstehen, so verlangt das Kühlhalten des Rostes besondere Aufmerksamkeit. Gewöhnlich genügt hierzu die Aufstellung von Wassergefässen W und das Füllen des Raums D mit Wasser, das durch die strahlende Wärme in Dampf verwandelt gegen den Rost gelangt. Der Kanal C dient zur vermehrten Luftzufuhr und kann durch eine Klappe k mit Stützschrauben mehr oder weniger offen gehalten werden. Die Entfernung der Schlacke und Asche erfolgt nach Wegnahme der unteren Rostplatte.

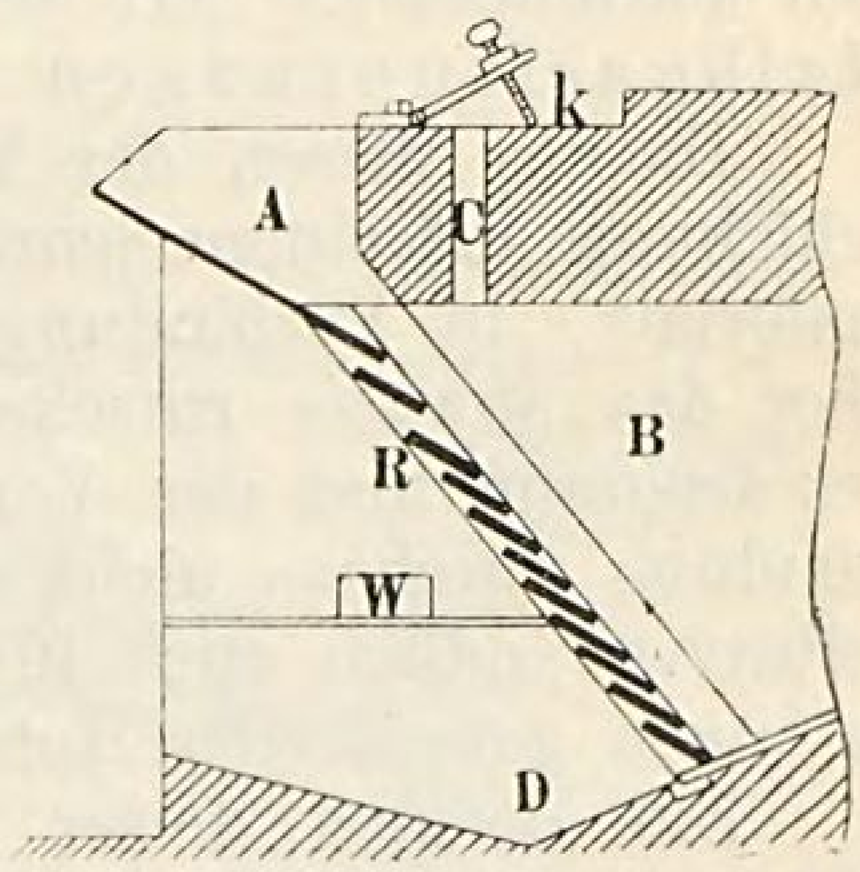


Fig. 325.

Zu den Feuerungen mit Schrägrost gehört auch die in ihren wesentlichen Teilen durch Fig. 326 wieder gegebene Kesselfeuerung (Tenbrink). Der Rost r besteht zur oberen Hälfte aus einem Treppen- zur unteren Hälfte aus einem Planroste, und ist in einen schmiedeisernen cylindrischen Herd H gelegt, der quer in einem kurzen Dampfkessel K angebracht und daher vollständig von Wasser umgeben ist. Die Beschickung des Rostes erfolgt durch den mit der Klappe c bedeckten Aufschüttkanal mit in kleine Stücke zerschlagenem Brennmaterial, welches sich nach dem Rutschwinkel ausbreitet. Die Luft tritt zum Teil aus dem Aschenraum A zum Teil aus dem durch die Klappe e bedeckten Vorraum F unter den Rost, nachdem sie sich beim Hinwegstreichen über die glühende Asche erheblich vorgewärmt hat. Ausserdem ist noch ein verschliess- und regulirbarer Kanal a vorhanden, durch welchen Luft in den Verbrennungsraum gelangt und die Verbrennung in vorzüglichster und einfachster Weise zu regeln gestattet.

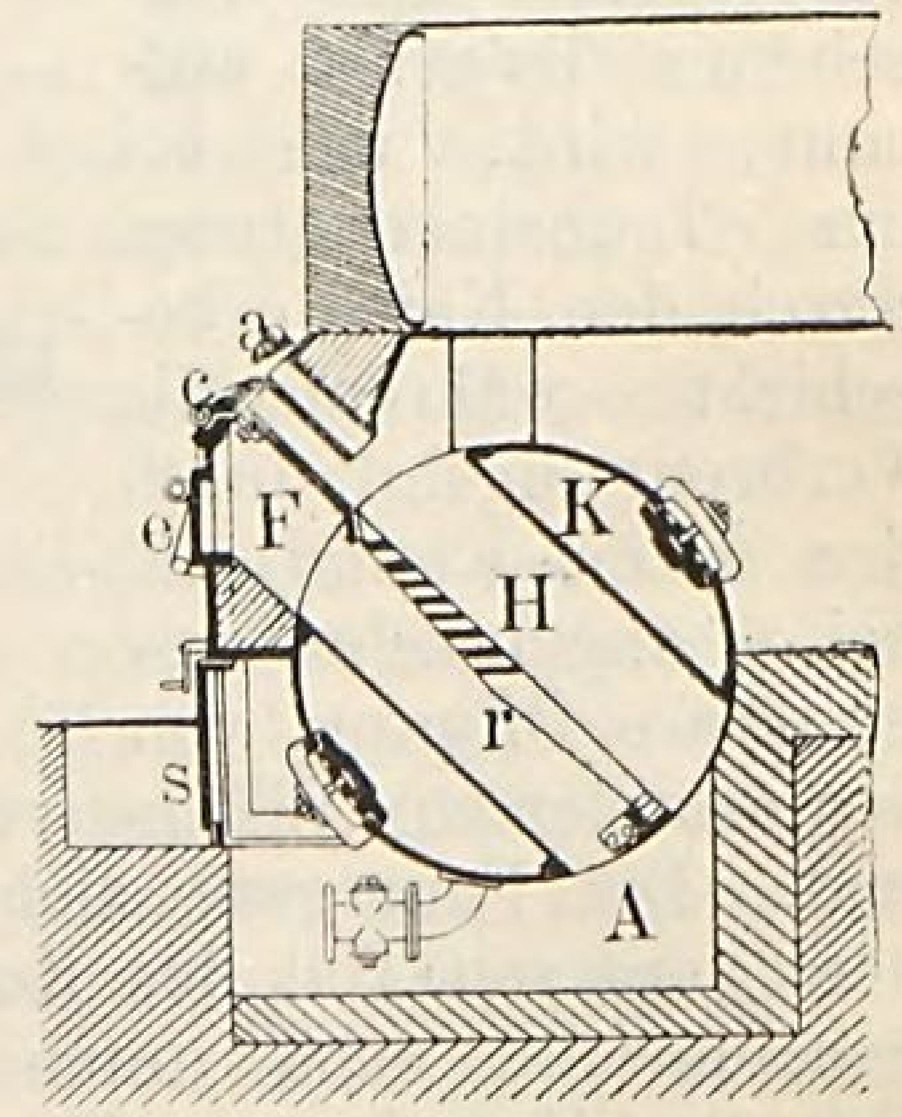


Fig. 326.

Der Zutritt der Luft aus dem Aschenraum A über den Rost wird durch eine deshalb absichtlich hervorgerufene Anhäufung der Asche und Schlacke verhindert. — Bei dieser Feuerung bewegt sich die Flamme dem Brennmaterial entgegen (Gegenfeuer). Infolge dessen beginnt die Vergasung des Brennmaterials unter dem Einfluss des Flammenstromes auf der obersten Roststufe, so dass sich hier die Gase zum Teil mit Unter- zum Teil mit Oberluft mischen und verbrennen, während das Brennmaterial allmählich am Roste hinuntersinkt, dadurch zur vollständigen Entgasung und Verbrennung gelangt. Man sieht aus dem Verfolge des Vorganges in dieser Feuerung, dass sich in derselben ein möglichst vollständiger und stetiger Verbrennungsprozess unter den günstigsten Verhältnissen (rauchfreier Verbrennung) vollziehen kann, weshalb diese Feuerung eine schnelle und grosse Verbreitung gefunden hat. — Wegen der in diesen und ähnlichen Feuerungen stattfindenden Art der Gasbildung haben dieselben auch den Namen Halbgasfeuerungen erhalten.

Da das Wesen der Tenbrinkfeuerung in einer ununterbrochenen Beschickung auf einem Schrägrost, unter Benutzung des Gewichtes des Brennmaterials, in Verbindung mit einer Zurückleitung der Verbrennungsgase über das abwärts rutschende Brennmaterial, zum Zwecke der Entgasung des letzteren und der Verbrennung des ersteren, besteht, so ist ihre Verwendung durchaus nicht an den Einbau in einen Kessel gebunden, sondern selbstverständlich auch für beliebige andere Heizzwecke durch Anbringung in einem gemauerten Herde mit grossem Vorteil verwendbar.

Ein Beispiel dieser Art bildet die in Fig. 327 dargestellte Anlage (Münchener Stufenrost). Der Schrägrost r, welcher den Verbrennungsraum H von dem Aschenfall A trennt und auf dem, zum Zwecke der Kühlung mit zwei durchlaufenden Hohlräumen versehenen Träger t aufruht, wird, wie bei der Tenbrinkeuerung, durch den Kanal c beschickt, während die Verbrennungsluft durch den Kanal a und die bei e angebrachte regulirbare Öffnung, von der strahlenden Wärme vorgewärmt, sowohl unter als über dem Roste eintritt. Die Feuergase ziehen über die Feuerbrücke B in den Raum C an dem vorderen Teil des Kessels O entlang, darauf, durch eine schützende Scheidewand nach unten abgelenkt, durch den Raum D um den ersten Teil des Unterkessels U und endlich in der Pfeilrichtung zwischen den beiden Kesseln entlang. Zum Abkühlen des Rostträgers t dienen die bei m und n angedeuteten Röhren, welche kalte Luft durch t leiten.

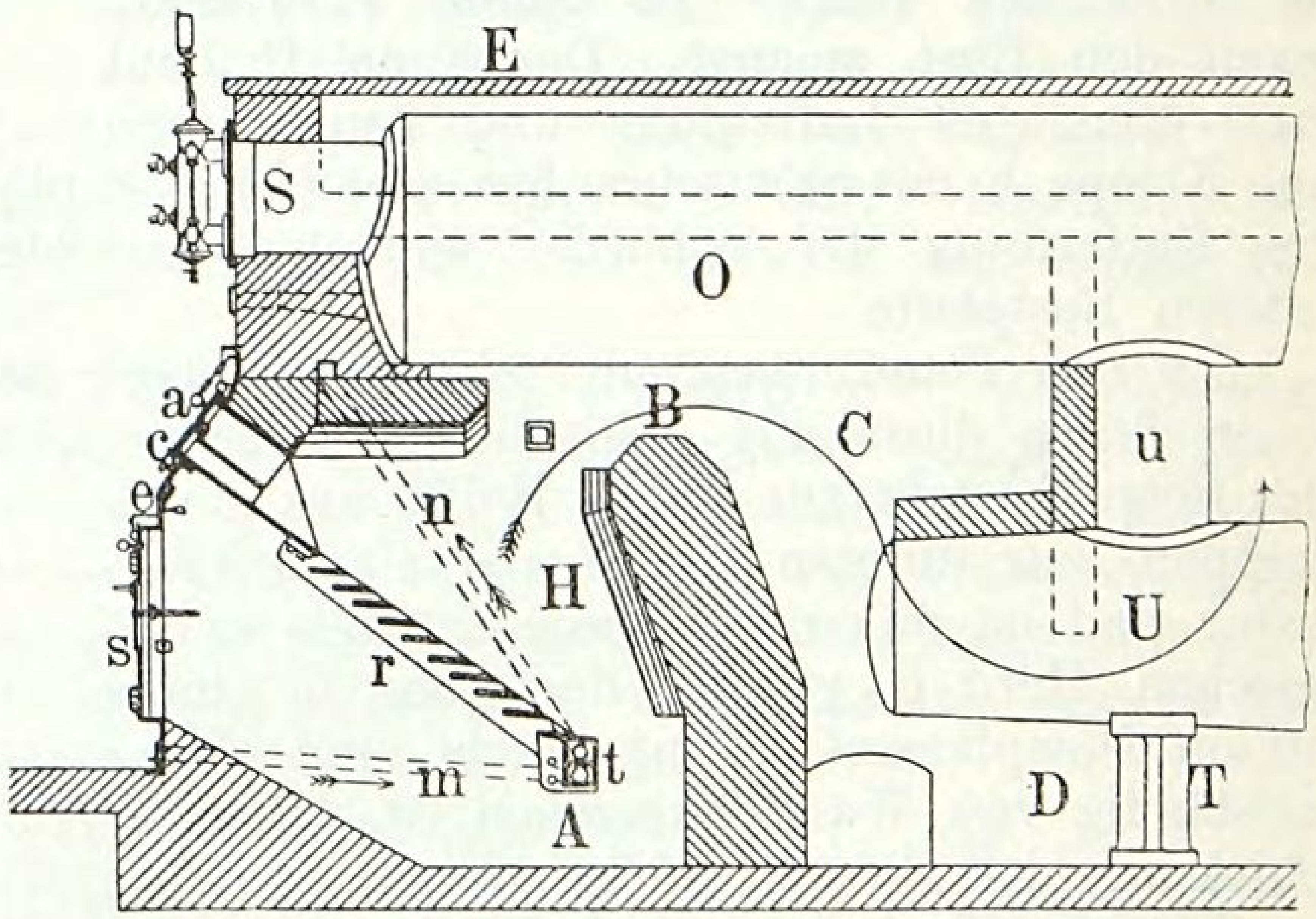


Fig. 327.

Zu diesen Feuerungen mit stetig fortschreitender Verbrennung unter

entgegengesetzter Bewegung zwischen Brennmaterial und Brenngasen ist auch diejenige zu rechnen, bei welcher der Feuerraum auf der einen Seite von einem steilen Schrägrost, auf der anderen Seite von einer Reihe senkrechter Röhren abgeschlossen wird (Donneley), so dass ein Feuerkorb entsteht, in welchen der Brennstoff oben eingeschüttet wird, um allmählich in demselben nieder zu sinken. Die genannten Röhren sind oben und unten in gusseisernen Kasten befestigt, welche mit dem Wasserraum eines Dampfkessels in Verbindung stehen, um einen ununterbrochenen Durchlauf des Wassers durch die Röhren unter Abkühlung der letzteren und Erwärmen des ersteren herbeizuführen.

Erwähnt sei hier noch der sog. Etagenrost (Fig. 328), der sich vom Treppenrost hauptsächlich dadurch unterscheidet, dass nur wenig (gewöhnlich 3) rostartig durchbrochene knieförmige Treppen a, b, c in grösserer Entfernung (100 bis 150 *mm*) über einander angebracht sind und zwar in Verbindung mit horizontalen Platten s, t, u und einem Planroste d. Das Brennmaterial wird auf die Platten s, t, u geworfen und entsprechend dem Verbrennen vor- und durch die zwischen den Treppen gebildeten Öffnungen auf die schrägen Roste geschoben, an welchen es nach und nach abwärts auf den Planrost d gelangt. Vor demselben befindet sich eine mittels eines Hebels h bewegliche aus Roststäben gebildete Thür i zum Abschlacken.

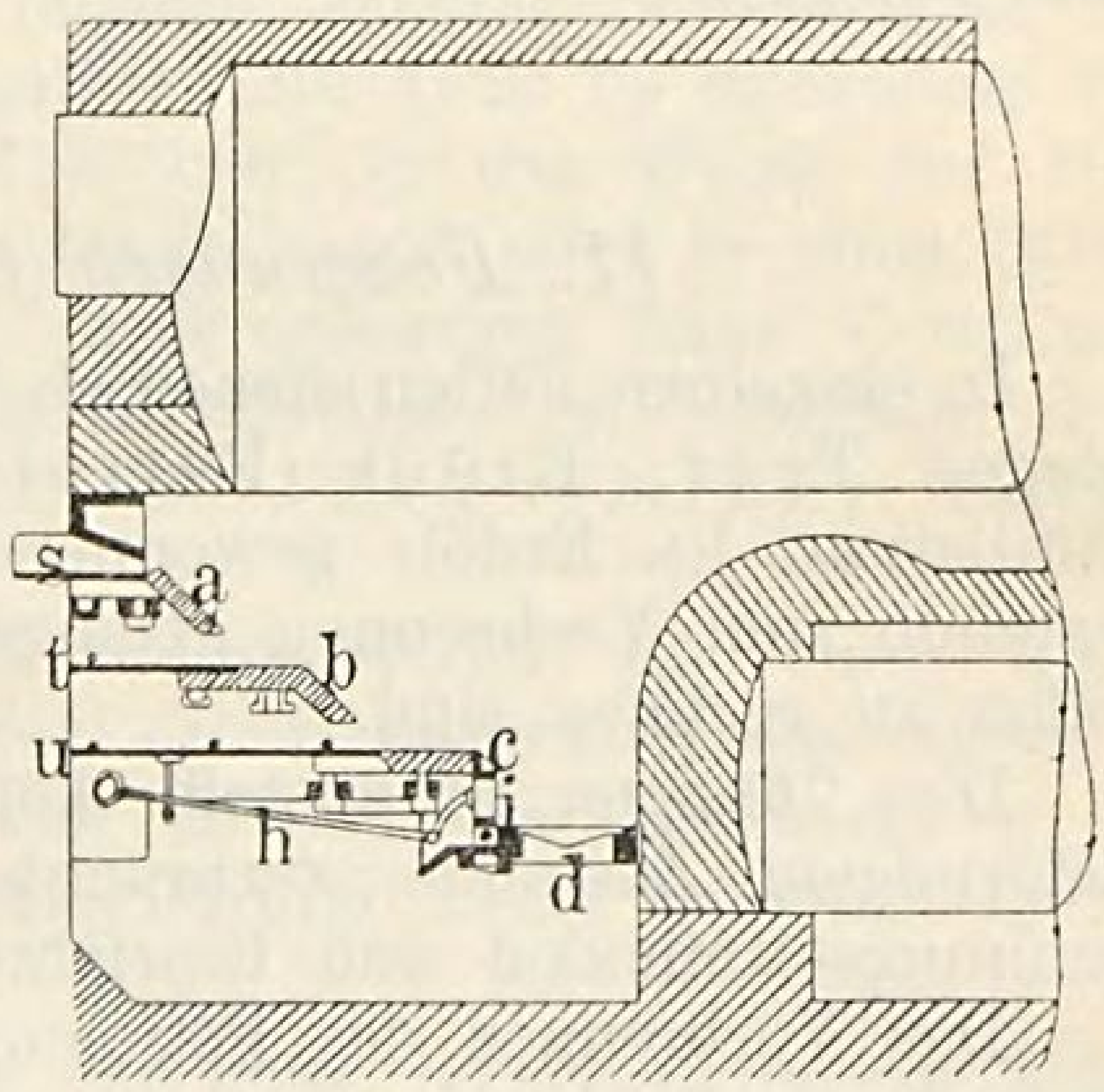


Fig. 328.

Von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit für den Betrieb einer Feuerung ist neben der regelmässigen Beschickung mit Brennmaterial die Reinhaltung des Rostes durch Fortschaffen der Verbrennungsrückstände und Freihalten der Rostspalten. Man bedient sich dazu der Krücken, der Schlackenhaken, der Schlackenstosser und des Schwertes, eines flach ausgeschmiedeten Stabes, den man an den dunkel erscheinenden Stellen zwischen die Roststäbe hindurchsteckt, während die anderen Werkzeuge mehr die Aufgabe haben, das Brennmaterial, die Schlacke etc. auf dem Roste zu verschieben, um für das frisch aufzugebende Material freie Rostfläche zu schaffen.

Diese Reinigung der Roste ist oft auf mechanischem Wege versucht worden und zwar fast immer auf die Weise, dass man den Rost beweglich angeordnet hat. — Eine bewährte Konstruktion (Mac Dougall) besteht darin, dass die mit den vorderen Köpfen aus dem Feuerraum heraus tretenden Roststäbe mittels Kreisexzenter eine hebende und schiebende Bewegung erhalten, und zwar infolge der abwechselnd um 180° verstellten Exzenter in der Weise, dass immer der erste, dritte, fünfte u. s. w. und der zweite, vierte, sechste u. s. w. sich gemeinschaftlich bewegen. Dadurch wird nicht nur erreicht, dass die fortwährend sich neben einander bewegenden Roststäbe von Schlacke etc. frei gehalten werden, sondern auch, dass das aus einem Rumpf zugeführte Brennmaterial ununterbrochen in

der Richtung zur Feuerbrücke vorgeschoben wird (Schüttelrost). Bei einer anderen ähnlichen Konstruktion (Morison) wechseln feste und bewegliche Roststäbe mit einander ab und bekommen die letzteren eine schwingende Auf- und Abbewegung mittels Winkelhebel. — Eine Anordnung (Machovsky) besteht darin, dass die aus Quadrateisen hergestellten Stäbe auf ihren Köpfen abwärts gerichtete Hebel erhalten, welche sämmtlich an einer horizontalen Zugstange angreifen, deren Hin- und Herbewegung ein Schütteln sämmtlicher Stäbe um ihre Achse hervorbringt.

Sehr vorteilhaft ist oft die Anbringung zweier Roste neben einander (Doppelroste) in einer Feuerung, die abwechselnd beschickt und gereinigt werden.

II. Feuerungen für flüssige Brennstoffe.

In einzelnen Fällen dienen als Brennmaterial in gewerblichen Feuerungsanlagen Teer, Erdöl (Petroleum) und die bei der Reinigung und Destillation des Erdöls gewonnenen Rückstände, welche im geschmolzenen Zustande zum Verbrennen gelangen und demnach zu den flüssigen Brennstoffen zu rechnen sind.

Die flüssigen Brennstoffe können in flüssigem, dampfförmigem oder gasförmigem Zustande verbrannt werden, weshalb man hier drei Verbrennungs-Methoden und Einrichtungen zu unterscheiden hat.

Das Verbrennen des Petroleums und des Teers im flüssigen Zustande erfolgt entweder in Schalenfeuerung, in Tropffeuerung oder in Rostfeuerung. — Bei der Schalenfeuerung bedient man sich flacher Schalen, die mit dem Brennmaterial gefüllt in den Feuerraum geschoben werden und aus denen dann das Brennmaterial verbrennt. — Die Tropffeuerung besteht wesentlich aus einem Systeme von Röhrchen, aus welchen das aus einem hochgelegenen Behälter ausfliessende Brennmaterial in Tropfen oder dünnen Strahlen in den Feuerraum strömt, um hier mit Luft zusammen zu treten, welche von einem Schornsteine angesogen wird. — Hierher ist auch die Sickerfeuerung zu rechnen, bei welcher das Brennmaterial aus einen hochgelegenen Behälter in ein Gefäss fliesst, das mit einer porösen Thonplatte bedeckt ist, sodann durch die Poren dieser Platte wie durch einen Docht auf die Oberfläche tritt und hier verbrennt. — Die Rostfeuerung beruht auf der Anwendung einer aus Thon hergestellten, nach Art des Treppenrostes gebildeten Rostplatte, über welche das Brennmaterial hinweg rieselt, während die Luft wie bei einer gewöhnlichen Rostfeuerung durch die Spalten eintritt.

Bei allen Einrichtungen zum Verbrennen des Erdöls etc. in flüssigem Zustande ist der Zutritt der Luft zu den einzelnen Teilchen sehr erschwert und daher diese Art der Verbrennung höchst unvollkommen. Ausserdem zeigt sich bei Anwendung der Tropf- und Sickerfeuerung ein sehr störender Uebelstand in dem Verstopfen der Röhrchen und Poren durch den entstehenden Verbrennungsrückstand besonders Koks.

Zur Benutzung der flüssigen Brennstoffe im gasförmigen Zustande unterwirft man dieselben zunächst einem Vergasungsprozesse in Retorten oder ähnlichen Gefässen, die mit einem gewöhnlichen Kohlenfeuer versehen

sind. Darauf leitet man das Gas, das eine Temparatur bis 500° und eine Spannung bis 3,5 Atm. annimmt mittels Röhren in den Verbrennungsraum und lässt es hier durch Brenner von etwa 2 *mm* Bohrung ausströmen und unter genügendem Luftzutritte verbrennen. Die in der hohen Temperatur des Brennstoffes liegende Gefährlichkeit in Verbindung mit sehr leicht eintretender Verstopfung der Brenner bildet ein gewichtiges Hindernis gegen die Einführung dieser Heizungsmethode, weshalb sie nur versuchsweise zur Verwendung gekommen ist.

Die einzig bewährte Verbrennungsmethode der flüssigen Brennstoffe beruht auf Vermischung derselben mit Luft in fein verteiltem Zustande durch Zerstäubung (D a m p f f o r m). Zur Zerstäubung dient entweder Druckluft oder Wasserdampf. Da der letztere leichter zu beschaffen ist, so bildet die Anwendung des Wasserdampfes und zwar in trockenem Zustande die Regel. Die Verstäubung selbst geht in der Weise vor sich, dass der Wasserdampf im gespannten Zustande gegen oder in einen Strom Erdöl oder Teer bläst und somit eine ausserordentlich feine Verteilung veranlasst. Als Verteilungsapparate stehen verschiedene im Gebrauch, doch kann man sie auf D ü s e n - und S c h l i t z - Z e r s t ä u b e r zurückführen.

Bei den Düsenzerstäubern tritt das Brennmaterial aus einer Rohröffnung (D ü s e) aus und zwar entweder durch Zufliessen aus einem in passender Höhe aufgestellten Behälter oder infolge der Saugwirkung des Dampfes nach Art eines Injektors. Die Ausführung dieser Düsenzerstäuber kann sehr verschieden sein.

1. Der Dampf bläst über die Öffnung der Düse rechtwinklig zur Achse der letzteren hinweg.

2. Der Dampf strömt aus einem Rohre aus, das zentrisch in der Düse sitzt.

3. Der Dampf strömt aus einem Rohre aus, welches das Zuflussrohr des Brennmaterials umgiebt.

4. Beide Zuleitungsröhren liegen unmittelbar neben einander und vereinigen sich erst an der Austrittsöffnung, Man erhält diese Ausführung am einfachsten in der Gestalt eines durch eine im Innern der Rohres befestigte Längswand, welche das Rohr in zwei Kanäle verwandelt.

Die Form des Düsenmundstückes ist entweder cylindrisch oder konisch und zwar konisch verengt oder trichterförmig erweitert, so dass bei den ineinander geschobenen Zuleitungsröhren der Austritt in einer Ringfläche stattfindet, wenn in dem Hohlkegel ein Vollkegel schwebend erhalten wird. Da dieser Kegel je nach seiner Stellung den Ring enger oder weiter zu machen gestattet, so dient derselbe zugleich als Regulirorgan und sitzt zu dem Zwecke an dem Ende einer Schraube (S p i n d e l), die sich durch ein Handrädchen von aussen her drehen lässt. Zur groben Regulirung sind in den Leitungen Hähne oder Ventile angebracht.

Die Schlitzzerstäuber unterscheiden sich von den Düsenzerstäubern wesentlich nur in der Form der Austrittsöffnungen, indem diese feine Spalten von etwa 0,5 *mm* Weite und 3 bis 4 *cm* Breite bilden. Der Zutritt und die zerstäubende Wirkung des Dampfes wird mit den für Düsenzerstäuber angegebenen Einrichtungen hervorgebracht.

III. Feuerung für gasförmige Brennstoffe.

In der Technik finden als brennbare Gase Verwendung: Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd und Wasserstoff sowohl für sich, als in zahlreichen Verbindungen, sodass man sie etwa in nachstehender Weise ordnen kann:

1. Erdgas. Hierunter versteht man brennbare Gase, welche an einzelnen Stellen der Erde entströmen und der Hauptsache nach aus Methan oder Sumpfgas (CH_4) und Wasserstoff (H) bestehen und zwar im Mittel aus 60 bis 80 Raumprozenten Methan und 5 bis 20 Raumprozenten Wasserstoff nebst Stickstoff, Aethylwasserstoff etc.

2. Hochofengas. Um den aus Reduktion, Kohlung und Schmelzung zusammengesetzten Prozess zur Gewinnung von Eisen in den Hochöfen durchzuführen, ist in den letzteren eine unvollständige Verbrennung und damit die Bildung erheblicher Mengen von Kohlenoxydgas (CO) erforderlich das hauptsächlich gemischt mit Stickstoff (N) und Kohlensäure (CO_2) als Hochofengas entweicht. Zur Benutzung dieses Gases, das etwa 22 bis 30 Gewichtsprozente brennbares Kohlenoxyd enthält, werden über der Gicht des Ofens (daher der Name Gichtgas) Vorrichtungen angebracht, welche dasselbe abfangen und dem Orte der Bestimmung zu führen.

3. Leuchtgas. Dieses Gas ist ein Zersetzungsprodukt der Steinkohle (selten des Holzes, des Torfes, der Fette etc.), das durch Erhitzung derselben unter Luftabschluss infolge einer Entgasung in Retorten, unter Rücklassung von festem Kohlenstoff (Koks) gebildet wird. Seiner Zusammensetzung nach ist es wesentlich ein Gemisch von 34 bis 50 Raumprozenten Methan und 50 bis 30 Raumprozenten Wasserstoff und demnach von sehr hohem Heizwert.

4. Generatorgas. Bei der unvollkommenen Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe wird in erster Linie Kohlenoxydgas gebildet — Aus solchen Brennstoffen lässt sich daher durch eine unvollkommene Verbrennung das brennbare Kohlenoxyd als ein besonderer Brennstoff gewinnen. Zu dem Zwecke schichtet man die genannten Brennstoffe in einem schachtartigen Herde (Generator) auf, führt denselben unter Beibehaltung der Entzündungstemperatur Sauerstoff in einer zur Kohlenoxydgasbildung genügenden Menge zu und leitet das gebildete Gas nach der Verbrennungsstelle, wo es unter weiterer Zuführung von Sauerstoff zu Kohlensäure verbrennt. — Der zur Erzeugung des Kohlenoxydes erforderliche Sauerstoff kann entweder als atmosphärischer Sauerstoff (Luft) oder gebunden an Wasserstoff (Wasser) oder gebunden an Kohlenstoff (Kohlensäure) zur Verwendung gelangen, so dass folgende 3 Reaktionen in Betracht kommen:

1.) $C + O = CO$; — 2.) $C + H_2O = CO + H_2$; — 3.) $C + CO_2 = 2\,CO$.

Von diesen drei Reaktionen werden die zwei ersten direkt, die dritte indirekt benutzt, insofern als etwa entstehende Kohlensäure wieder zu Kohlenoxyd reduzirt wird. Nach den genannten direkten Reaktionen unterscheidet man dann auch wohl 1. Luftgas; 2. Wassergas und 3. Halbwassergas, wenn ein Gemisch von Luft und Wasser zur Gaserzeugung Anwendung findet.

Der Hauptvorteil der Gasfeuerungen liegt in der Möglichkeit auch geringwertige Brennstoffe zur Wärmeerzeugung für technische Betriebe ausnutzen zu können.

Zum Zwecke der Verbrennung lässt sich nicht nur eine innige Mischung der Gase mit der atmosphärischen Luft, sondern auch mit Leichtigkeit eine genaue Regelung des Mischungsverhältnisses zwischen Gas und Luft erzielen. Infolgedessen kann mit Gasfeuerungen ausser einer vollkommenen (rauchfreien) Verbrennung ein sehr hoher Wärmegrad hervorgebracht werden, zumal es keine Schwierigkeiten macht, Gas und Luft in vorgewärmtem Zustande zusammen zu führen und das Vereinigungsstreben dadurch zu Gunsten hoher Temperaturen zu erhöhen.

Zum Mischen der Gase mit der Luft dienen die Brenner, welche erfahrungsgemäss am günstigsten wirken, wenn der Luftstrom seitwärts (rechtwinklig) auf den Gasstrom stösst, oder bei einer Parallelführung mit anderer Geschwindigkeit als das Gas zugeführt wird. Ausserdem trägt es wesentlich zu einer guten Mischung bei, wenn das Brennermundstück in eine Anzahl Teile (Düsen) zerlegt ist, so dass statt eines einzigen Stromes eine solche Anzahl Ströme in den Verbrennungsraum eintreten.

Der Verbrennungsraum (Verbrennungskammer), in dem sich die Wärme durch Verbrennen der Gase entwickelt, ist den Verhältnissen und den Aufgaben der Feuerungsanlagen anzupassen und diesen gemäss sehr verschieden. Im allgemeinen sei nur hervorgehoben, dass die zu erwärmenden Gegenstände in seltenen Fällen annähernd und dann auch nur allmählich die Temperatur der brennenden Gase annehmen (z. B. Stahlschmelzen), in der Regel dahingegen weit davon zurück bleiben (z. B. Dampfkessel) und infolgedessen die Verbrennung beeinträchtigen, wenn nicht vor der Berührung mit ihnen eine Mischung der Luft mit den Brenngasen stattgefunden hat. Aus diesem Grunde ist es geboten eine besondere Kammer anzuordnen, in welcher sich die Mischung unter gleichzeitiger Verbrennung vollzieht, so dass von hier aus die Verbrennungsflamme dem Raum (z. B. Feuerzuge, Herd etc.) zuströmt, in dem sie zur Wirkung kommen soll. Da diese aus feuerfestem Material (Chamotte) erbaute Vorkammer sich bald stark erhitzt und auf der entsprechenden Temperatur erhält, so leitet sie ohne Störung und Unterbrechung die Verbrennung derart ein, dass dieselbe eine vollständige wird, während die fortziehende Flamme die Wärme den zu erwärmenden Gegenständen übermittelt. — Damit in dieser Brennkammer dem Gase genügend Gelegenheit geboten wird mit dem Luftsauerstoff zu verbrennen, ist es rathsam aus derselben jeden störenden Einfluss namentlich Gegenstände fernzuhalten, welche abkühlend wirken oder der Gasbewegung Widerstände entgegensetzen, und ausserdem dem Gemische die zur Vereinigung erforderliche Zeit dadurch reichlich zuzumessen, dass man den Rauminhalt der Brennkammer verhältnismässig gross anordnet. Desgleichen kann es in vielen Fällen von grossem Vorteil sein, wenn auch der Inhalt des Raums entsprechend gross ist, in dem die Flamme die aufgespeicherte Wärme abzugeben hat. Im Verfolge des Grundsatzes für die Gasfeuerung sehr grosse Räume zur Verwendung zu bringen, entstanden die Feuerungen mit sog. freier Flammenentfaltung (Siemens), welche namentlich für Glasöfen, Stahlschmelzöfen und überhaupt Anlagen mit hohen Temperaturen vielfach Anwendung gefunden haben.

In Anbetracht des Umstandes, dass das Naturgas, das Gichtgas und das Leuchtgas aus nahe liegenden Gründen für technische Feuerungszwecke nur in beschränktem Maasse zu haben ist, während dafür das Generatorgas

in den drei genannten Zusammensetzungen eine hohe Bedeutung erlangt hat, erstrecken sich die folgenden Abhandlungen auch nur auf die Erzeugung und Anwendungsformen des letzteren.

A. Luftgasfeuerungen.

Die Erzeugung des Luftgases erfolgt in geregelter Weise durch unvollkommene Verbrennung hoch aufgeschichteter Brennstoffe und aus diesem Grunde in einem Erzeuger (Generator), welcher der Hauptsache nach aus einem aufgemauerten Schacht besteht, der eine Vorrichtung zum Einbringen und zum Tragen der Brennstoffe, sowie einen Abzug für die Gase und regulirbare Öffnungen für den Luftzutritt besitzt.

Die horizontale Quer- und vertikale Längsform des Schachtes ist verschieden; die erstere in der Regel länglich viereckig, weil diese Form sich am besten der Rostform anschliesst, mitunter rund. Die Längsform soll sich nach unten, dem Roste zu, verjüngen, da erfahrungsmässig die Gasbildung regelmässiger von statten geht, wenn die durch den Rost eintretende Luft sich in dem Schacht auch seitwärts ausbreiten kann. Die Achse des Schachtes ist in der Regel vertikal sehr oft auch geneigt.

Zum Einbringen der Brennstoffe befindet sich an der höchsten Stelle des Schachtes gewöhnlich in der Verlängerung der Achse oder schräg gegen dieselbe geneigt ein Kanal mit einem solchen Abschluss, dass beim Aufgeben weder Gas entweicht, noch erhebliche Luftmengen eintreten.

Zum Tragen der Brennstoffe dient in der Regel ein Rost, der entweder als gewöhnlicher Planrost oder häufiger als Treppenrost angeordnet wird, weil der letztere neben den S. 305 erwähnten Eigenschaften infolge seiner schrägen Lage zugleich die wünschenswerte Verjüngung des Schachtes hervorbringt.

Naturgemäss erfolgt das Abziehen der Gase am zweckentsprechendsten an der höchsten Stelle des Schachtes, weshalb der Abzugskanal auch in der Regel unmittelbar unter dem Schachtabschluss angebracht wird.

Die Art der Luftzuführung steht insofern in einem Zusammenhange mit der Beschaffenheit des Brennmaterials als für grössere Stücke desselben wegen der genügenden Durchlässigkeit der natürliche Luftzug eines Schornsteines ausreicht, während ein fein zerteiltes Brennmaterial (Sägespäne, Torf-, Steinkohlen- und Braunkohlen-Klein) die Anwendung eines Gebläses erforderlich macht (Zug- und Gebläsegeneratoren). Demgemäss ist auch bei Zuggeneratoren der Aschenfall offen und bei Gebläsegeneratoren geschlossen und nur mit Düsen zum Einblasen der Luft versehen. In manchen Fällen wird ein Teil der erforderlichen Luft durch die Schachtwand vermittelst hier angebrachter Windlöcher eingelassen.

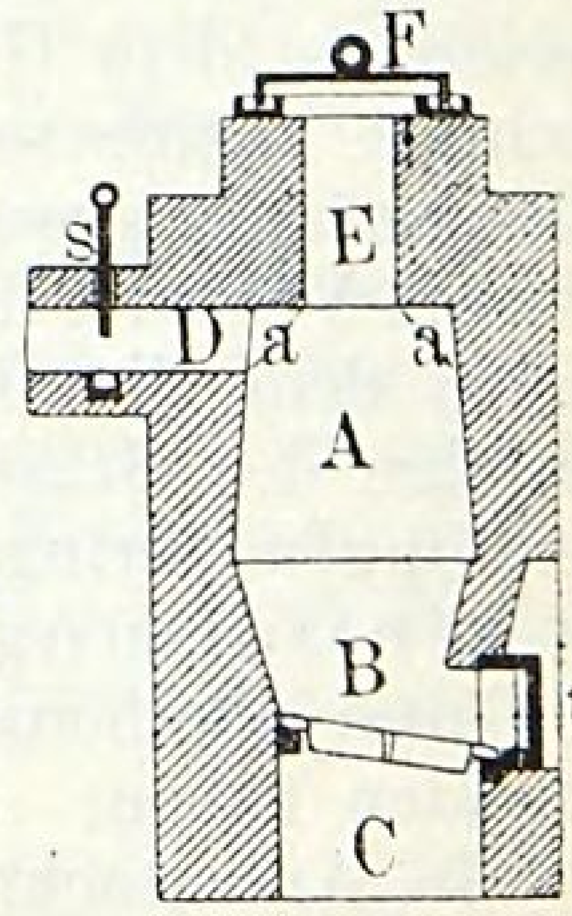


Fig. 329.

Die Einrichtung eines gewöhnlichen Zuggenerators geht aus Fig. 329 hervor. Der Schacht A ist dem Hochofen nachgebildet, indem er sich aus zwei Kegelstumpfen zusammensetzt. Der etwas schräg gelegte Rost B schliesst den offenen Aschenraum C ab und ist zum Zwecke des Reinhaltens durch eine gewöhnlich geschlossene Thür t zugängig. Das Aufgeben findet durch den mit Sandverschluss F versehenen Kanal E statt. Das Brennmaterial bildet nach dem Aufschütten unmittelbar unter E einen

Rutschkegel und infolgedessen an der oberen Schachtkante a a einen ringförmigen Kanal zum Sammeln des Gases, das sodann durch den mit einem Regulirschieber s ausgestatteten Kanal D zur Verbrauchsstelle gelangt. — Durch Verschluss des Aschenraums an der Vorderseite unter der Thür t mittels einer Versetzplatte etc. und Anbringung von Düsen, welche gepresste Luft zuführen und unter dem Roste in den Aschenraum münden, entsteht aus diesem Zuggenerator ein Gebläsegenerator.

Der Generator Fig. 330 zeichnet sich vor dem vorher beschriebenen durch mehrere Abweichungen aus. Derselbe besteht ebenfalls aus dem im Querschnitte länglich viereckigen Schacht A B und dem Herd C, nur mit dem Unterschiede, dass der untere Teil C aus parallelen Wänden gebildet ist, zwischen denen das Material ohne Stockung niedersinken kann. Getragen wird dasselbe von zwei Schrägrosten r r, welche auf Rostträgern aus schmiedeisernen, gekühlten Balken ruhen und eine sehr gute Verbrennung hervorbringen. Die Gase entweichen seitlich und zwar unterhalb des oberen Teiles der Brennstoffsäule durch die Kanäle a e zu einem neben dem Ofen hergehenden Kanal K. Durch diese tiefere Lage wird eine übermässige Erhitzung des Fülltrichters F und eine langsame allmähliche Entgasung des Brennstoffes erzielt. Der Verschluss des Trichters F erfolgt durch eine aus etwas rund gebogenen Seiten gebildete an zwei Ketten hängende Glocke u bei deren Herablassen der in F geschüttete Brennstoff nach beiden Seiten sich gleichmässig im Schacht verteilt. — Mehrere dieser Generatoren ergaben nur zwei Prozent Kohlensäuregehalt der Brenngase.

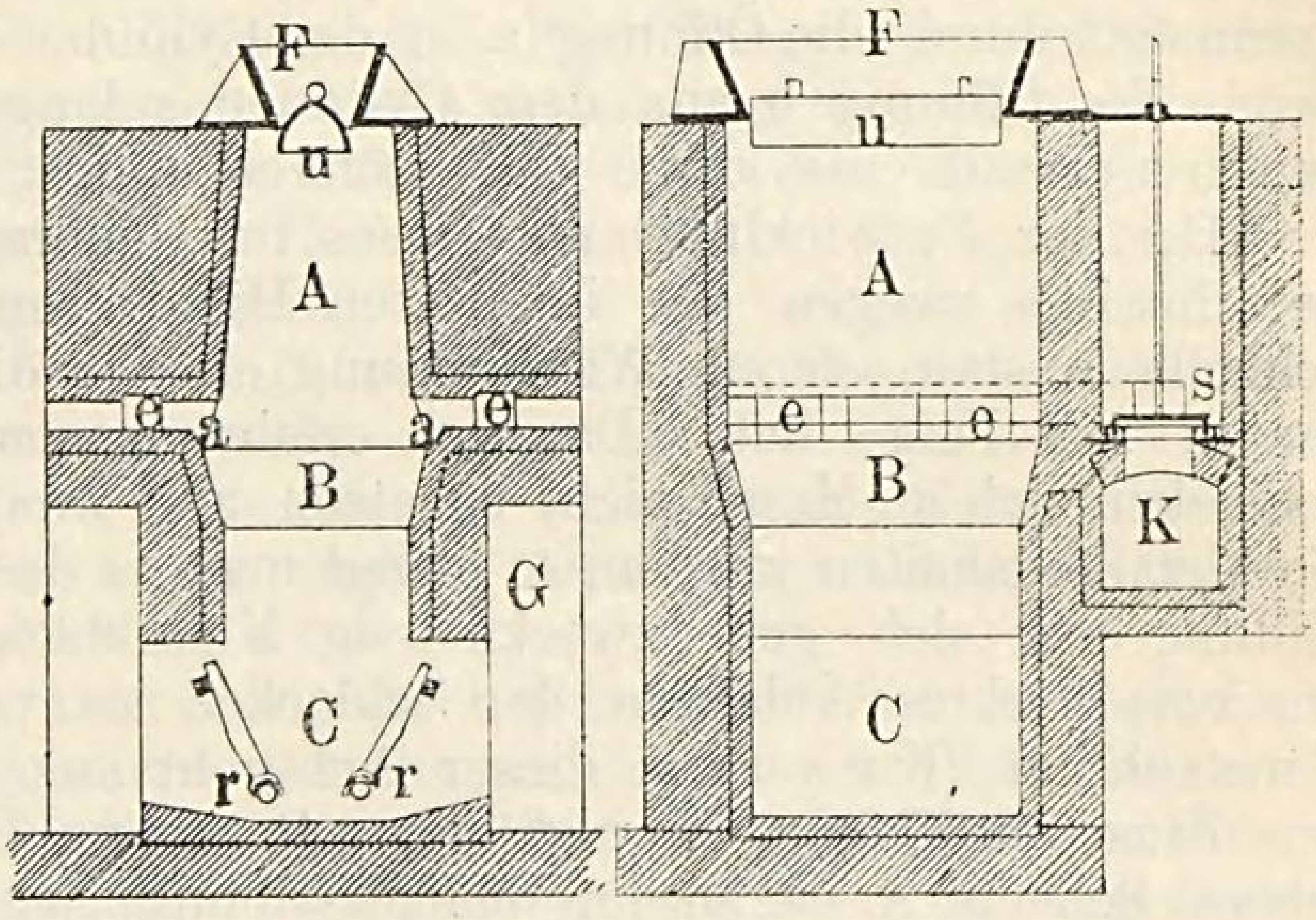


Fig. 330.

Eine vollständig andere Form und Betriebsweise zeigt der in Fig. 331

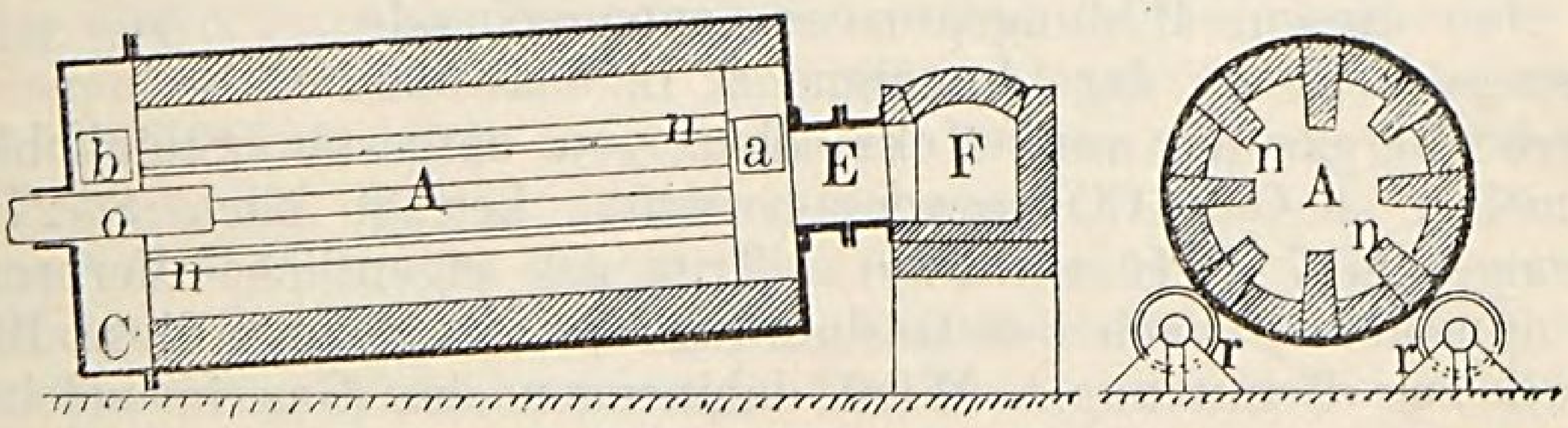


Fig. 331.

skizzirte Drehgenerator. Der Hauptsache nach bildet derselbe einen cylindrischen Behälter A, der aus einem mit feuerfestem Material ausgefütterten Blechcylinder, einer Aschenkammer C und einem zentrischen Abzug E zusammen gesetzt ist. Das Innere desselben besitzt bei n Vor-

sprünge, welche bei der Drehung das Brennmaterial fortwährend mit hinaufnehmen, wenden und zurückfallen lassen. Ausserdem ist der Cylinder geneigt gelagert, so dass das durch die Öffnung a zugeführte Brennmaterial allmählich der Aschenkammer C entgegenrückt. Der Cylinder liegt auf 4 Rollen r r und wird auf beliebige Weise in langsame Drehung versetzt. Indem dann durch das Rohr o kalte oder erhitzte Luft eingeblasen wird, vollzieht sich im Innern in günstigster Weise die Bildung des Gases, welches durch den Gaskanal F dem Gebrauchsorte zuströmt. Eine Einrichtung ist zugleich derart getroffen, dass bei jeder Umdrehung die erforderliche Menge Brennstoff durch die Öffnung a in den Cylinder und die entstandene Asche durch die Öffnung b aus dem Cylinder gelangt, wobei die Öffnungen a und b nur auf eine kurze Zeit geöffnet sind.

Bei der Entwicklung des Gases im Generator findet in der Nähe des Lufteintrittes wegen der intensiven Hitze eine bedeutende Bildung von Schlacken statt, deren Wegräumung eine baldige Zerstörung der Mauerkanten zur Folge hat. Da nun erfahrungsgemäss die hier auftretenden Schlacken sich an Metall nicht ansetzen und zwar um so weniger je kühler die Metalle gehalten werden, so bringt man an den Stellen, wo die Schlackenbildung vor sich geht zweckmässig Metallflächen mit Wasserkühlung an, um ein direktes Ablaufen der Schlacken zu veranlassen. Eine bewährte Konstruktion (K n a u d t) dieser Art geht aus Fig. 332 hervor. Der mit der Einschüttöffnung E und dem Gasabzug D versehene Schacht A ist an der Schlackenbildungsstelle B mit einem eisernen Gefässe a a umgeben, das mit Wasser gefüllt gehalten wird und eine solche eingeschnürte Form c c besitzt, dass die Einschnürung c c möglichst nahe an das Brennmaterial herantritt und die Schlacken zum Ablaufen bringt. Zum Schutz dieses Gefässes gegen die Einwirkung der Hitze sind unter dem Boden desselben feuerfeste Thonplatten aufgehängt. In dem Aschenraum C häuft sich das Brennmaterial kegelförmig auf und dient statt des hier deshalb fehlenden Rostes zum Tragen des Schachtinhaltes. Die Luft wird durch die Öffnung F mittels eines Gebläses eingetrieben.

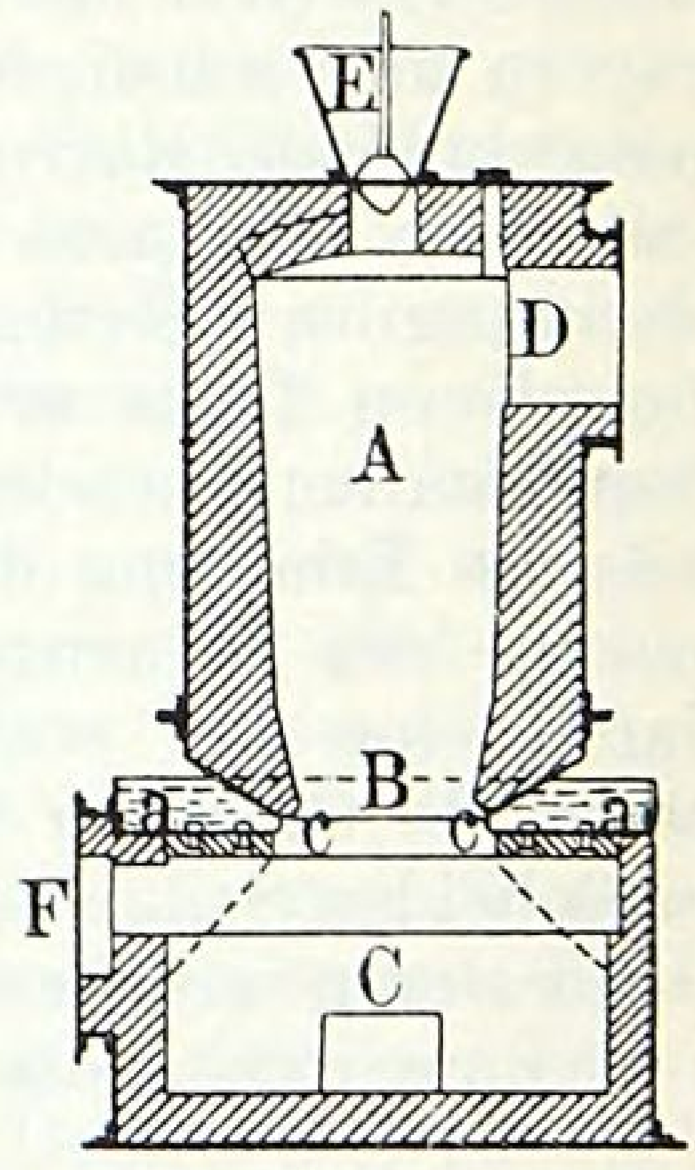


Fig. 332.

Bei der Bildung des Luftgases in dem Generator entsteht eine diesem Bildungsprozesse entsprechende Wärmemenge. (Unter der Annahme z. B. dass das Gas durch Vergasung von Koks also von entgaster Steinkohle nach der Formel $C + O = CO$ gewonnen wird, beträgt nach S. 271 diese Wärmemenge 2417 *WE* auf 1 *kg*). Tritt das eigentliche Verbrennungsstadium unmittelbar nach der Gasbildung ein, so gelangt diese Bildungswärme mit zur Benutzung. Wird dahingegen das Gas in solcher Entfernung vom Entstehungsorte dem zweiten, eigentlichen Verbrennungsprozesse unterworfen, dass sich dasselbe vorher abkühlt, so geht demgemäss der diese Abkühlung bedingende Teil des kalorimetrischen Effektes verloren. Hieraus folgt zunächst, dass es einen erheblichen Vorteil mit sich bringt, wenn der Generator unmittelbar an der Verbrauchsstelle angebracht wird.

Infolge einer innigen Vermischung der Luft mit den Gasen geht die Verbrennung der letzteren schnell von statten und veranlasst hohe Tempe-

raturen im Feuerraum, mit der Möglichkeit den Luftzutritt derart zu regeln, dass die Verbrennung bei dem kleinsten Luftüberschuss vor sich geht. Diese hohen Temperaturen verursachen ebenfalls in der Regel einen bedeutenden Wärmeverlust, indem die Verbrennungsprodukte auch mit hoher Temperatur abziehen. Da nun ausserdem die Heftigkeit und Vollständigkeit der Verbrennung ausserordentlich gefördert wird, wenn die Verbrennungsluft eine Vorwärmung erfährt, so liegt es nahe, die Wärme der abziehenden Gase dadurch nutzbar zu machen, dass man sie zum Vorwärmen der Luft verwendet.

Aus diesen Gründen ist allgemein eine Einrichtung mit den Generatoren in Verbindung gebracht, welche eine Vorwärmung der Verbrennungsluft unter Benutzung der Wärme der erzeugten Gase oder der abziehenden Verbrennungsprodukte herbeiführt. Der Grundgedanke der gewöhnlichen Einrichtungen dieser Art besteht darin, die Gase zur Abgabe eines Teiles ihrer Wärme an bestimmte Körper (z. B. aufgeschichtete Steine) zu zwingen und diese dadurch zu Wärmespeichern zu machen, welche nunmehr im Stande sind, an durchziehende Luft Wärme abzugeben. Solche Wärmespeicher heissen Regeneratoren und die damit ausgestatteten Feuerungen Regeneratorfeuerungen.

Bezüglich der baulichen Anordnung der Regeneratoren ist zu bemerken, dass sie gewöhnlich aus Kammern gebildet werden, welche mit gitterartig zusammengestellten, feuerfesten Steinen ausgefüllt und mit Wechseleinrichtungen versehen sind, die gestatten, dass nach beliebig zu wählenden Zeitperioden der Durchzug der heissen Gase mit dem Durchzug der kalten Luft abwechselt. Dabei sammelt sich während des Durchzugs der Gase in diesem Mauerwerke eine bedeutende Menge Wärme an, welche sodann sich der durchziehenden Luft wieder mitteilt und dadurch dem Feuer zurückgegeben wird. Selbstverständlich fordert die Gleichmässigkeit des Feuers eine ununterbrochene Zuführung der vorgewärmten Luft und aus dem Grunde zwei Kammern, welche in unmittelbarer Abwechslung derart in Thätigkeit gelangen, dass die eine von den Verbrennungsprodukten, die andere von der Luft durchzogen wird.

Eine weitere günstige Wirkung dieser Regeneratoren liegt noch in dem Umstande, dass die bei der Zersetzung der Brennstoffe sich bildenden und mechanisch mitgerissenen teerigen Produkte sowie Kohlenteilchen u. dgl. durch den Regenerator zurückgehalten und zum Teil namentlich durch das mitverdunstete Wasser zersetzt und verbrannt werden, so dass diese Anlagen zu den rauchfreien Feuerungsanlagen zu rechnen sind.

Eine durch Einfachheit ausgezeichnete Gasfeuerung mit Wärmespeicher (Pütsch) ist in Fig. 333 in mehreren Schnitten vor Augen geführt. Der Gaserzeuger A besitzt zum Tragen des Brennmaterials einen etwas geneigten Planrost B über dem Aschenfall C und einen einfachen Schieber a zum Verschluss der Aufgebeöffnung. Die in A entwickelten Gase ziehen über eine Feuerbrücke in den Verbrennungsherd E (Blechglühofen) nachdem sie sich mit vorgewärmter Luft gemischt haben, welche, durch den Schlitzkanal c c zugeführt, aus der Feuerbrücke austritt. Zur Vorwärmung dienen die zwei unter dem Herde E angelegten Regeneratoren F und G, welche mit Steinen ausgemauert sind und abwechselnd von den heissen Gasen und der Verbrennungsluft durchströmt werden. Zu dem Zwecke ist jede Kammer mit dem Vorraum H versehen und an einen Luftzufuhr-

kanal d beziehungsweise e angeschlossen. Jeder Vorraum H ist nun mittels Schieber 1, 2, 3, 4 entweder mit dem Kanal c oder dem Kanal b in Verbindung zu bringen, während die Kanäle e und d mit Hilfe des Drehschiebers p entweder in den Fuchs g oder den Luftzufuhrkanal f einmünden. Bei richtiger Stellung der Schieber 1, 2, 3, 4 und p ziehen demnach die Gase von dem Herde E durch den absteigenden Kanal b in eine Kammer (z. B. G) und von dieser durch e und g zum Schornsteine, während zugleich die Verbrennungsluft durch f zugeführt, den Kanal d und die Kammer F passirt um vorgewärmt in den Kanal c c und den Gasstrom zu gelangen. Zugleich ergiebt die Zeichnung die umgekehrten Wege, wenn eine Verstellung der Schieber 1, 2, 3, 4 und p nach der Wärmeabgabe einer Kammer vorgenommen wird. Da in vorliegendem Beispiele der Gaserzeuger unmittelbar an den Verbrauchsherd E angebaut ist, so kommen die Gase mit ihrer vollen Wärme zur Ausnutzung.

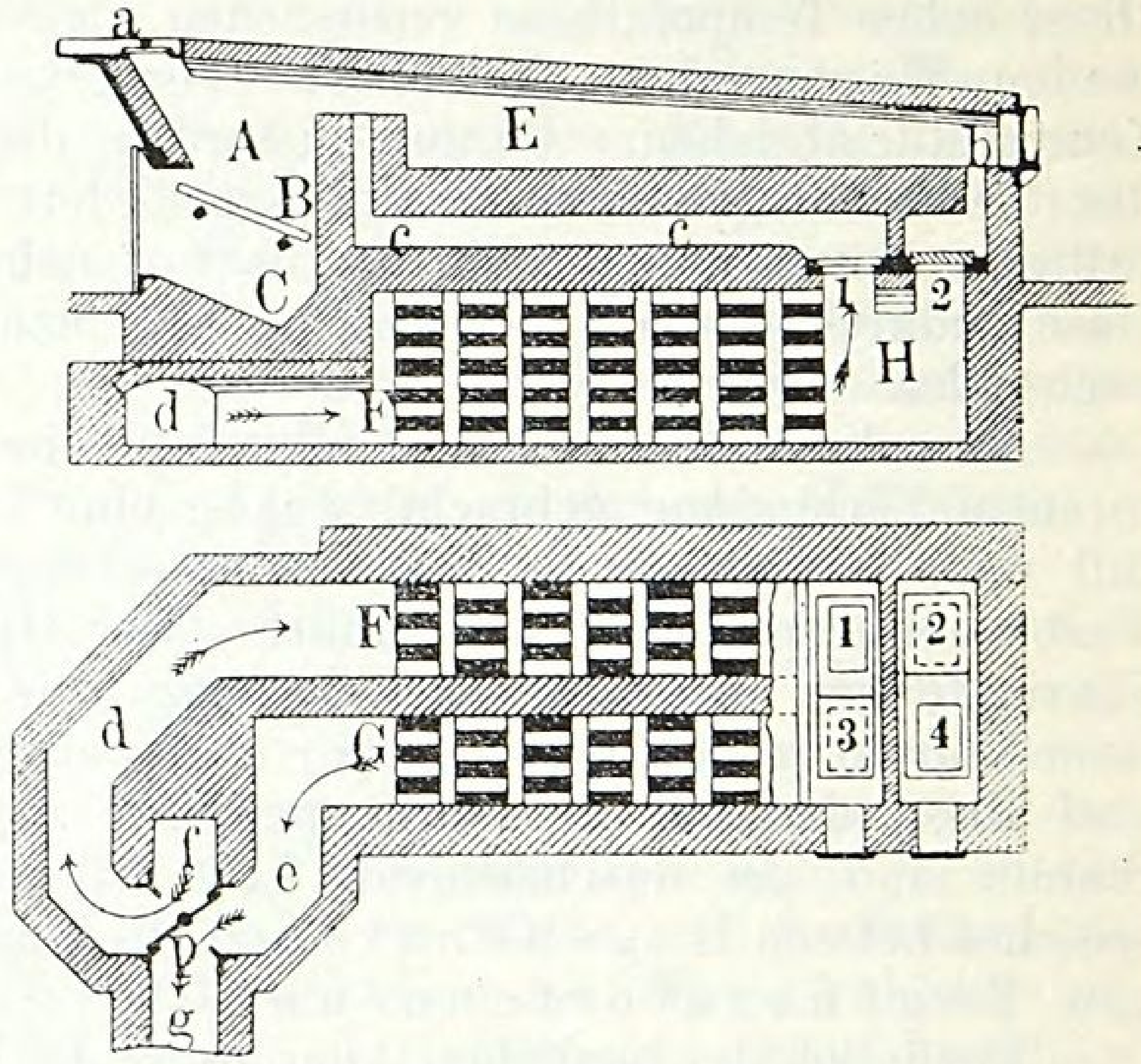


Fig. 333.

Die Wirkung der Vorwärmung lässt sich noch weiter steigern, wenn man diese auch auf das Gas ausdehnt, also Luft und Gas zugleich vorwärmt. Weil dadurch ausserordentlich hohe Temperaturen zu erzielen sind, so findet das Verfahren, gleichzeitig Luft und Gas vorzuwärmen, sehr viel in denjenigen Betrieben Verwendung, welche hoher Temperaturen bedürfen.

Die Wärmespeicher erleiden bei der Ausführung einer solchen Anlage eine Änderung, indem jede Kammer in zwei Teile geteilt werden muss, weil Gas und Luft getrennt dieselben zu passiren haben. — Besonders in solchen Fällen, wo in Rücksicht auf räumliche und sonstige Verhältnisse die Gaserzeuger in erheblicher Entfernung von den Verbrauchsstellen aufgestellt werden müssen, erscheint die Vorwärmung der abgekühlten Gase mit Hilfe von Wärmespeichern mindestens auf die Entzündungstemperatur geboten.

Das Wesen solcher Wärmespeicher deren Einzelanordnung sich leicht den mannigfaltigsten Zwecken und Bedürfnissen anpassen lässt, erkennt man aus dem Doppelregenerator (Siemens) Fig. 334. Die Kammern befinden sich paarweise bei A, B und C, D neben dem Verbrennungsraum W, dessen Grösse und Form von dessen Bestimmung abhängt. Unter den Kammern liegen die Gas- und Luftkanäle mit den Wechselklappen. Das Gas tritt vom Generator kommend bei g ein, gelangt bei der gezeichneten Stellung der Klappen durch den Kanal c zum Regenerator C und steigt durch diesen aufwärts in den Brennraum W. Die von aussen durch f zuströmende Luft passirt den Kanal d, den Regenerator D und den oberen Schlitz,

um sich mit dem Gase unmittelbar vor dem Eintritte in den Feuerraum W zu mischen. Die glühenden Verbrennungsprodukte finden ihren Ausweg durch die Kammern A und B und die Kanäle a und b zu dem Abzug S S, der durch einen passend angelegten (unterirdischen) Fuchs mit einem Schornsteine in Verbindung steht. Durch eine Drehung der Klappen r und s mittels eines Handhebels um 90° in die zweite Lage, kehrt sich der Lauf des Gases und der Luft um, indem das Gas den Weg g b B W, die Luft den Weg f a A W und die Verbrennungsgase gemeinschaftlich den Weg W C D c g S einschlagen. Die letzteren bringen dabei das Ziegelmauerwerk in C, D oder A, B zum Glühen, so dass eine Vorwärmung von Gas und Luft bis zu 800° und somit in dem Brennraum E eine Temperatur bis 2000° zu erzielen ist. Diese Wärmeabgabe und somit die Hitze im Brennraum wird hauptsächlich geregelt durch die Zeiträume, welche zwischen dem Wechsel liegen, weshalb der Umstellung der Klappen besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden ist.

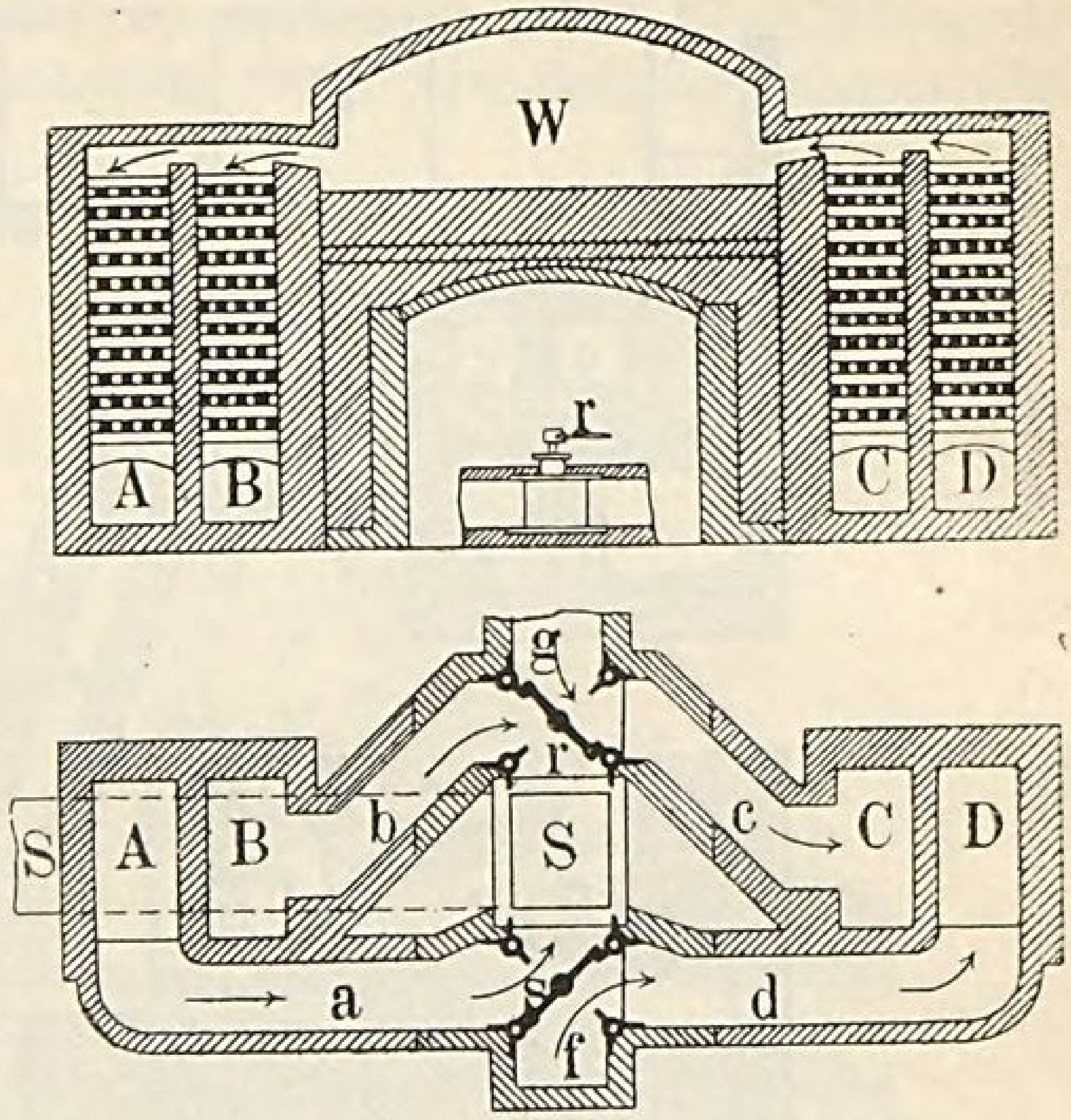


Fig. 334.

Wenn der Gaserzeuger in nächster Nähe der Verbrauchsstelle aufgestellt werden kann, genügt in vielen Fällen eine Vorwärmung der Luft in Kanälen, die in dem Mauerwerke der Feuerung derart angebracht sind, dass ihre Wände genügende Wärmemengen aufzunehmen und an die durchziehende Luft abzugeben vermögen. Begreiflicherweise bieten diese Einrichtungen bei weitem nicht die Vorteile der Regeneratoren, sondern nur einen unvollkommenen Ersatz der letzteren; dennoch verdienen sie überall Beachtung, wo es sich um möglichst einfache Anlage und die Erzeugung verhältnismässig niedriger Temperaturen handelt.

Die in Fig. 335 dargestellte Dampfkessel-Gasfeuerung (Dortmunder-Union) bietet ein vorzügliches Beispiel einer solchen Anlage. Man erkennt in A den Gaserzeuger unten abgeschlossen durch den Rost r, oben mit der Aufgebeöffnung a und bei n mit einer Öffnung zum Schüren versehen. Die Luft tritt unter der Bühne F durch die Thür t in den Aschenfall C und von hier durch den Rost r in den Gaserzeuger A sowie durch vier aufsteigende durch den Querkanal b verbundene Kanäle e in das Gewölbe d. Diese Gasverbrennungsluft erwärmt sich in den Kanälen e und dem Labyrinth c c c c c und strömt dann bei u aus einer Reihe 6 *cm* breiter Spalten aus. Diese Spalten haben eine solche Lage erhalten, dass die austretenden Luftstrahlen den aus dem Generator aufsteigenden Gasstrom rechtwinklig treffen und dadurch eine schnelle und innige Vermischung mit demselben und eine möglichst vollkommene Verbrennung bewirken. Die dabei erzeugte Flamme und ihre Verbrennungsgase ziehen durch den Kanal B unter und durch den Kessel K in den Zug D, um schliesslich in die Esse zu gelangen,

welche zur Zugerzeugung dient. — Das Zuströmen der Luft in den Aschenfall C wird durch die Thür t, das Zuströmen derselben zu den Brennern

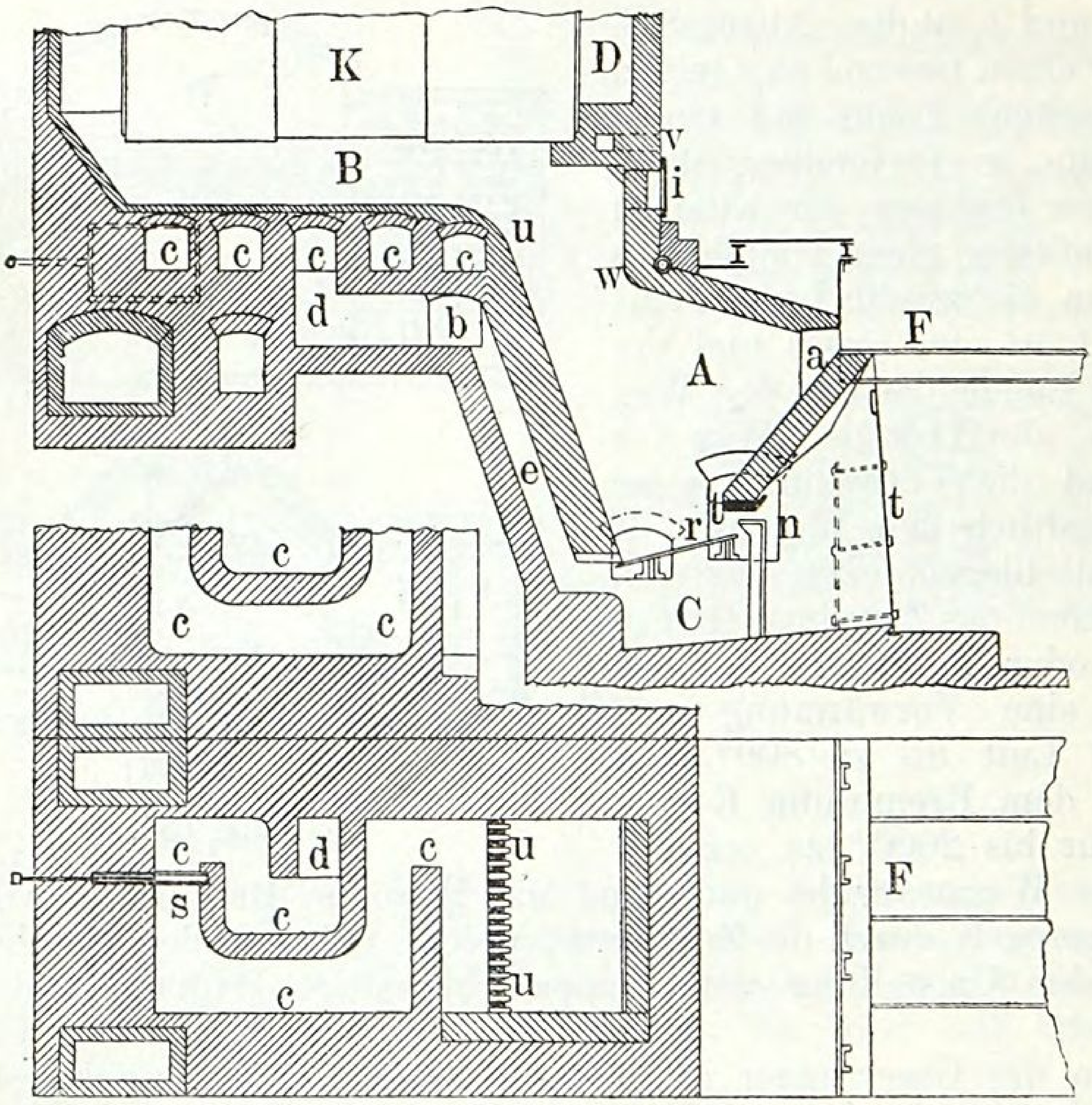


Fig. 335.

u u und damit das richtige Mischungsverhältnis von Luft und Brenngas wird durch den Schieber s geregelt. — Zur Beobachtung des Vorganges ist bei i ein Schauglas angebracht. — Um die schnelle Zerstörung der der Hitze besonders ausgesetzten Stellen t, w und v zu verzögern erhalten t und w eine Wasserkühlung und v eine Luftkühlung mit Hilfe eingemauerter Eisenröhren. die mit einer Wasser- und Windleitung in Verbindung stehen.

Die Anordnung eines Doppelgenerators für Torf und Braunkohle mit Kanalluftvorwärmung und Brenner zeigt Fig. 336 in mehreren Durchschnitten. Jeder mit einem gusseisernen Fülltrichter F versehene Schacht A besitzt einen Treppen- und Planrost B mit Aschenfall C sowie einen Gasabzug D, der durch einen Sandverschluss v mittels des Handrades h und Schraube nach Bedürfnis geöffnet und abgestellt werden kann. Die Züge beider Öfen laufen in dem Querkanal E zusammen, so dass die Gase gemeinschaftlich durch den Kanal G in den Kanal K gelangen. Die gegewölbte Decke des letzteren ist mit zahlreichen Schlitzen durchbrochen, um das Gas in den über diesen Schlitzen liegenden Brenner e zu leiten, aus dem es dann durch einen wagerechten Schlitz mit vorgewärmter Luft vermischt austritt. Zu dem Zwecke steigt die dem heissen Gewölberaum L zugehende Luft aus diesem Raum durch mehrere punktirt angedeutete

Züge in den Kanal i und vereinigt sich, auf dem ganzen Wege vorgewärmt und durch horizontale Schlitze oben aus i ausströmend, in dem Brenner e mit dem Gase, um als Flamme diesen durch eingesetzte Ziegeln in einzelne Durchgangsöffnungen geteilten Brenner zu verlassen. Zur Regulirung der Luftzufuhr ist in dem Kanal i an passender Stelle ein Schieber angebracht.

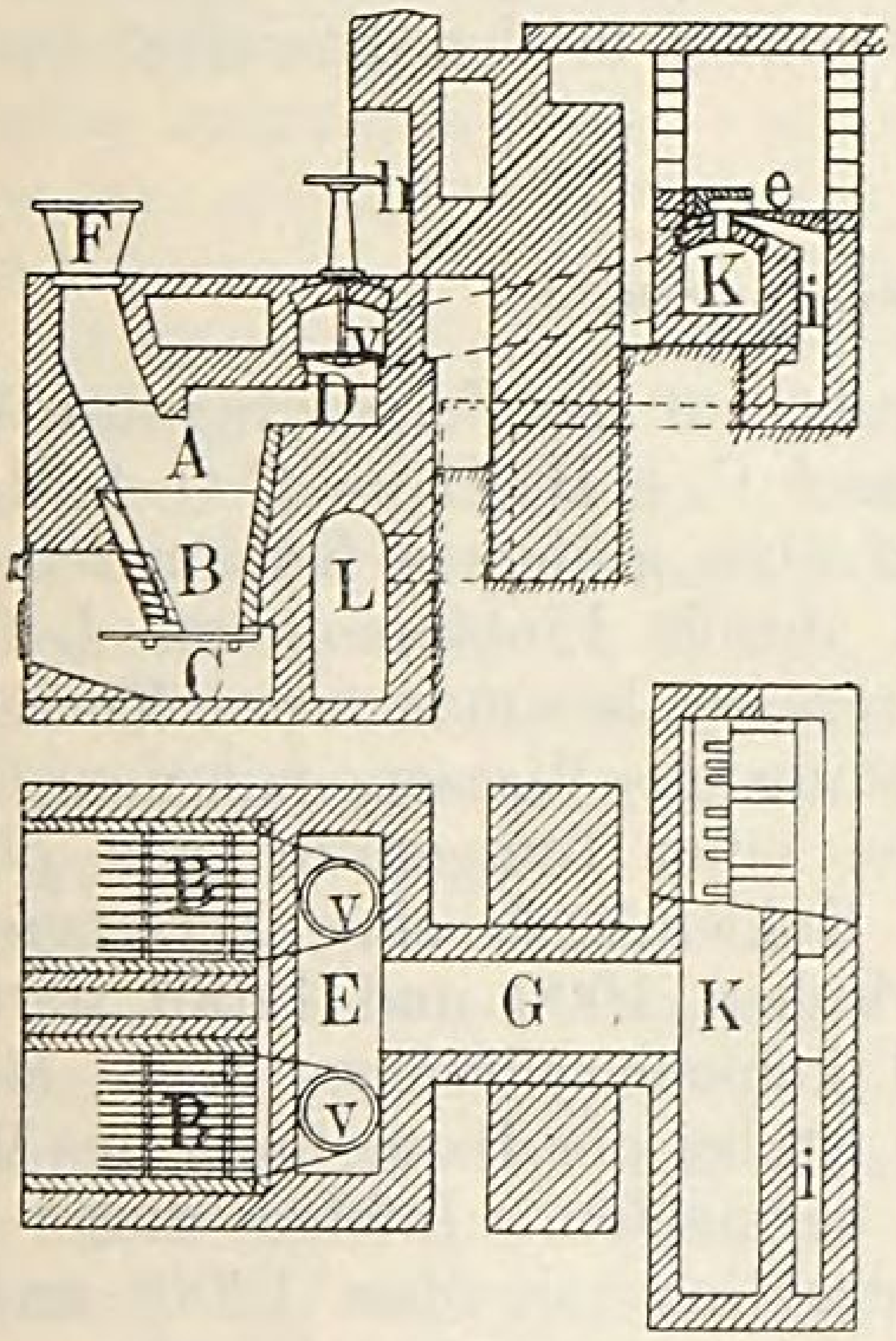


Fig. 336.

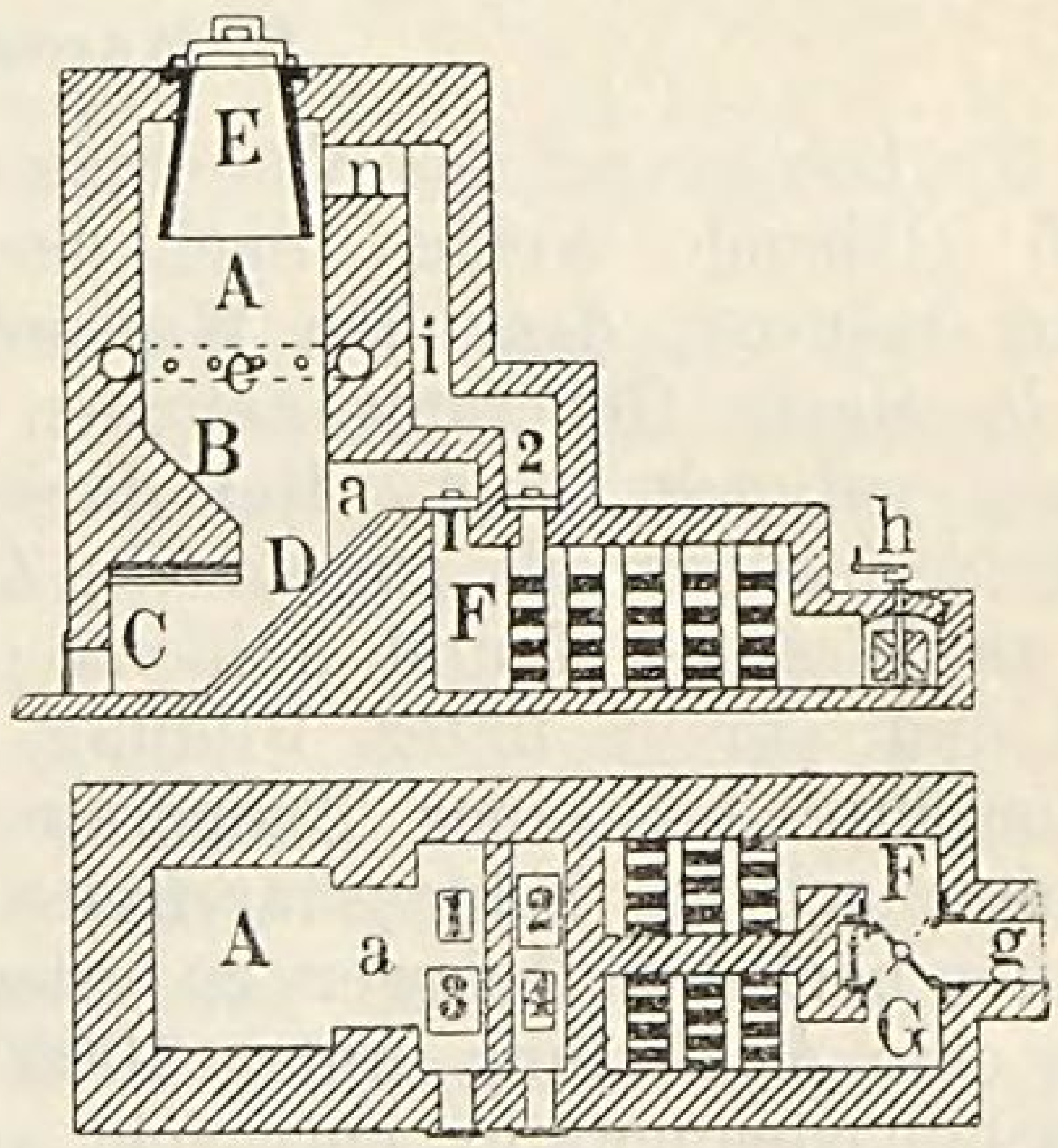


Fig. 337.

In den gewöhnlichen Generatoren bewegt sich das Brennmaterial von oben nach unten und das durch die unter dem Roste eintretende Luft gebildete Gas von unten nach oben. Dieser Anordnung steht eine andere gegenüber, bei welcher Brennmaterial und Gas denselben Weg abwärts (umgekehrter Generator) nehmen. Ein Generator dieser Art mit Wärmespeichern (Pütsch) geht aus Fig. 337 hervor. Der Generatorschacht A mit einer für jedes Brennmaterial besonders zu wählenden Aufgebeglocke E, ist, statt mit einem Roste mit den zum Tragen des Brennmaterials bestimmten schrägen Wänden B, D sowie dem für Luftzutritt gesperrten Aschenfall C abgeschlossen. Neben dem Generator befinden sich die zwei Wärmespeicher F und G, welche abwechselnd von den heissen abziehenden Gasen und der zu erhitzenden Luft durchströmt werden. Zu dem Zwecke gelangt die in dem Luftkanal g zutretende Luft bei der gezeichneten Stellung der Wechselklappe h durch den Regenerator G, Schieberöffnung 4 und den Kanal i n also von oben in den Schacht. Die hier entwickelten Gase ziehen sodann durch den Abzug a und die Öffnung 1 in den Regenerator F, um, nachdem sie hier einen Teil ihrer Wärme abgegeben haben, mittels der Gasleitung g zur Gebrauchsstelle zu gelangen. Demnach wird bei dieser Stellung der eine Regenerator F erhitzt, während der andere G die Luft vorwärmt. Nach Umstellung der Schieber 3 auf 1 und 2 auf 4 sowie der Wechselklappe h in die punktirte Lage erfolgt der umgekehrte Lauf: f F 2 i n A a 3 G g. — Verfolgt man den Prozess in diesem Generator, so erkennt man, dass damit eine Abkühlung des Brenngases im Wärmespeicher unter Benutzung der dem Gase entzogenen Wärme

zum Vorwärmen der Luft bewirkt wird. Infolge der Abkühlung der Brenngase sind zugleich die letzteren befähigt, ohne Zerstörung der Leitungen auf längere oder kürzere Entfernungen fortgeleitet zu werden, was ohne Abkühlung bei der hohen Entstehungstemperatur der Gase in dem Maasse nicht möglich ist. Ausserdem bietet sich in dem Wärmespeicher zugleich Gelegenheit zum Absetzen der teerigen Produkte, die, zum Teil wieder mit zersetzt, als Brenngase von neuem in den Kreislauf eintreten.

B. Wassergasfeuerungen.

Die Erzeugung des Wassergases beruht auf der Zersetzung des Wassers durch glühende Kohlen nach der Formel $C + H_2O = CO + H_2$, und erfolgt dadurch, dass man Wasserdampf über glühende Kohlen leitet, die sich in einem Generator befinden und durch Einblasen von Luft zum Glühen gebracht sind. Bei diesem Prozesse kommen zwei Vorgänge in Betracht, insofern als zuerst eine Zersetzung des Wassers mit dem Kohlenstoff zu Wasserstoff und Kohlensäure bei einer Temperatur von 550° bis 600° und darauf unter Bildung von Kohlenoxyd eine Zersetzung der Kohlensäure bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1200° stattfindet. Um demnach ein kohlensäurefreies und kohlenoxydreiches Gas, also ein Gas von höchstem Heizwert zu erhalten, ist bei der Darstellung des Wassergases eine Abkühlung unter 1000° zu vermeiden. Infolge dieser hohen Entstehungstemperatur entweicht auch das Gas mit etwa 1200° und führt damit sehr schnell ein Sinken der Temperatur, sowie infolgedessen einen solchen unvollkommenen und unvorteilhaften Verlauf des Prozesses herbei, dass der letztere unterbrochen werden muss, um durch erneuertes Einblasen von Luft (Warmblasen) die Kohlen wieder in den Zustand heftigen Glühens zu bringen. Demgemäss unterscheidet sich also der Betrieb der Wassergaserzeugung von derjenigen des gewöhnlichen Generatorgases wesentlich dadurch, dass der letztere ununterbrochen vor sich geht, während der erstere nur unterbrochen oder periodisch erfolgen kann, indem das Warmblasen mit dem Gasmachen (Kaltblasen) abwechseln muss.

Während des Warmblasens wird die atmosphärische Luft mittels eines einfachen Gebläses (Ventilator) unter einer Pressung in den Generator geblasen, welche der Schichthöhe und Beschaffenheit des Brennmaterials angepasst wird und in der Regel 300 bis 400 *mm* Wassersäule (S. 152) beträgt. — Die Wirkung ist derjenigen bei der Luftgaserzeugung (S. 312) ähnlich, d. h. es entsteht Generatorgas, das zum Speisen von Wärmespeichern und zu besonderen Heizzwecken Verwendung findet, namentlich zum Heizen der Kessel, die den erforderlichen Wasserdampf liefern. — Die Zeit des Warmblasens beträgt je nach Umständen 10 bis 20 Minuten.

Als Brennmaterial wird entgaste Steinkohle (Koks) und Anthrazit vorgezogen, da diese Brennstoffe beim Warmblasen gewöhnliches Generatorgas bilden. Ist man auf Steinkohle angewiesen, so geht deren Vergasung eine Entgasung in dem oberen Teile des Generators voran. Die flüchtigen Produkte der Entgasung (Kohlenwasserstoff, Teer und Ammoniak) werden dann gewöhnlich besonders abgefangen und in Apparate geführt, in welchen sich Ammoniak und Teer kondensiren und von dem Kohlenwasserstoffgas trennen.

Das letztere gelangt darauf, nachdem es einen Reinigungsprozess in einem sogenannten Skrubber durchgemacht hat, in einen Gasbehälter, um als Leuchtgas Verwendung zu finden, oder man mischt dasselbe dem zur Wassergasbildung bestimmten Wasserdampf zu, mit dem es sich in dem Generator in der Weise umsetzt, dass daraus Kohlenoxyd und Wasserstoff also Wassergas hervorgeht.

Nachdem infolge des Warmblasens eine genügend hohe Temperatur (Weissglut) entstanden und eine Umstellung der Wechselapparate vorgenommen ist, gelangt Wasserdampf unter einem Drucke von etwa 700 *mm* Wassersäule in den Generator. Damit beginnt die Wassergasbildung, welche jedoch infolge der Abkühlung bald nachlässt, weshalb die Periode des Gasmachens (Gasen) nur 4 bis 5 Minuten dauern darf, wenn sich dem Wassergas nicht zu viel Kohlensäure beimengen soll.

Auf Grund einer ansehnlichen Reihe von Betriebsergebnissen ist bezüglich des Verbrauchs an Kohle, Luft und Wasser im Mittel anzunehmen, dass mit Hilfe von 1 *kg* Koks (mit 10°/o Asche) etwa 4 *cbm* Generatorgas und 1 *cbm* Wassergas mit einem Aufwand von 3,3 *cbm* Luft und 0,4 *kg* Dampf gewonnen werden.

Das Wassergas besteht nach der obigen Formel aus 50 Raumteilen oder 6,7 Gewichtsteilen Wasserstoff und 50 Raumteilen oder 93,3 Gewichtsteilen Kohlenoxyd. Da jedoch in Wirklichkeit niemals die Bedingungen zu erfüllen sind, welche diese Zusammensetzung verlangt, da vielmehr die Brennstoffe niemals rein sind, die bezeichneten Temperaturen nicht genau festgehalten, ein vollständiger Luftabschluss während des Gasens u. dergl. nicht erreicht werden kann, so bildet das Wassergas ein Gemenge von durchschnittlich folgender Zusammensetzung:

	Wasserstoff,	Kohlenoxyd	Stickstoff,	Kohlensäure	Methan
Raumteile	48	43	4,5	3,5	1,0
Gewichtsteile . . .	5,9	75.4	7,8	9,9	1,0

Nach dieser Zusammenstellung berechnet sich der durchnittliche Heizwert von 1 *kg* Wassergas auf rund 4000 *WE* und von 1 *cbm* auf 2800 *WE*.

In einzelnen Fällen finden sich auch noch andere Stoffe (Schwefelwasserstoff, Flugachse u. dergl.) in dem Wassergase, weshalb das letztere vor der Verwendung in der Regel einer Reinigung zur Beseitigung dieser Stoffe unterworfen wird, die in einem Waschen desselben in einem Gaswäscher (Skrubber) besteht und von einer Abkühlung der Gase begleitet wird. — Um endlich bei der Verwendung des Gases von dem periodischen Betriebe unabhängig zu sein, sammelt man dasselbe in einem Behälter, der nach Art der Leuchtgasbehälter (sog. Gasometer) konstruirt ist, also aus einer Glocke aus Eisenblech besteht, die in einen Wasserbehälter eintaucht und derart ausbalanzirt wird, dass sie das Gas unter einem bestimmten Drucke (etwa 150 *mm* Wassersäule) hält und dem Gebrauchsorte zuführt.

Zur schnellen Durchführung des in Rede stehenden Prozesses trägt naturgemäss ein Vorwärmen der Luft beim Warmblasen und die Anwendung überhitzten Dampfes beim Kaltblasen wesentlich bei. Um daher kurze Wechselzeiten, also eine rasche Folge der Perioden zu ermöglichen, ist es allgemein eingeführt, mit dem eigentlichen Generator Vorrichtungen zu verbinden, welche ein bedeutendes Vorwärmen der Verbrennungsluft und ein Überhitzen des Wasserdampfes bewirken. In der Regel benutzt

man dazu die heisse Luft, welche während des Warmblasens den Generator verlässt, indem man sie durch einen Regenerator oder sonstigen Vorwärmer leitet, durch den sodann während der Gaserzeugungsperiode der Wasserdampf und in der nächsten Periode des Warmblasens die atmosphärische Luft strömt. Nebst einem Dampferzeuger bedarf demnach ein Wassergasapparat eines Gaserzeugers, eines Wärmespeichers und eines Luftvorwärmers und ist ausserdem mit entsprechenden Stromwechseln ausgestattet, welche nach jeder Periode umzusteuern sind. — Selbstverständlich ist es nicht ausgeschlossen, einen ununterbrochenen Betrieb dadurch einzurichten, dass man den zur Gasbildung erforderlichen Kohlenstoff (K o k s, A n t h r a z i t) in ein besonderes Gefäss bringt und dieses wie z. B. bei der Leuchtgasgewinnung die Gasretorte, durch ein Aussenfeuer auf der notwendigen Temperatur erhält und unausgesetzt unter Nachfüllung der verbrauchten Kohle von Wasserdampf durchströmen lässt. Ein solcher Betrieb erweist sich jedoch als sehr unvorteilhaft und ist daher nur vorübergehend versucht worden. — Dahingegen verdient zu diesem Zwecke für grösseren Gasbedarf die Aufstellung von 3 Generatoren Beachtung, die das Gas durch einen gemeinschaftlichen Skrubber in einen Gasbehälter abgeben und wovon abwechselnd stets zwei auf Warmblasen und der dritte der Zeiteinteilung gemäss auf Kaltblasen betrieben wird.

Ein in erster Linie für Koks oder Anthrazit bestimmter Wassergasapparat (S c h u l z u. K n a u d t) ist in Fig. 338 dargestellt. Man erkennt zunächst in A den Generator mit dem Fülltrichter a, der durch ein Kegelventil abgeschlossen wird, das an einer Stange hängt, die mittelst einer Kette c und eines Handrad b bewegt wird. Ein Deckel d dient zum Abschluss des Trichters, um den Eintritt von Luft während des Füllens zu verhindern. Der untere Teil des Schachtes ist durch den S. 314 beschriebenen Kühlring und Schlackenfall abgeschlossen, in welchem letzteren Schlackenthüren angebracht sind. Zum Zwecke des Warmblasens wird die Luft aus der Hauptluftleitung g durch die Ventilkammer h von unten in den Generator eingeblasen. Das dabei erzeugte Luftgas entweicht unter Abgabe von Flugasche und Wärme durch den Kanal e in die Wärmespeicher B und C, und wird durch das Rohr m fortgeleitet. Im Fall dasselbe in den Wärmespeichern verbrannt werden soll, ist mit der Luftleitung g noch eine abschliessbare Oberwindleitung f angebracht, welche Luft in das Gas bläst. — Nach Absperrung der Luftleitung g durch einen Schieber in der Kammer h strömt durch das Rohr n der Wasserdampf ein, durchzieht die Wärmespeicher C, B, gelangt überhitzt in den Generator A, steigt in diesem durch den Brennstoff abwärts und bildet Wassergas. Dieses tritt sodann durch das Ventilgehäuse h und das Rohr o in das Waschwasser p, steigt

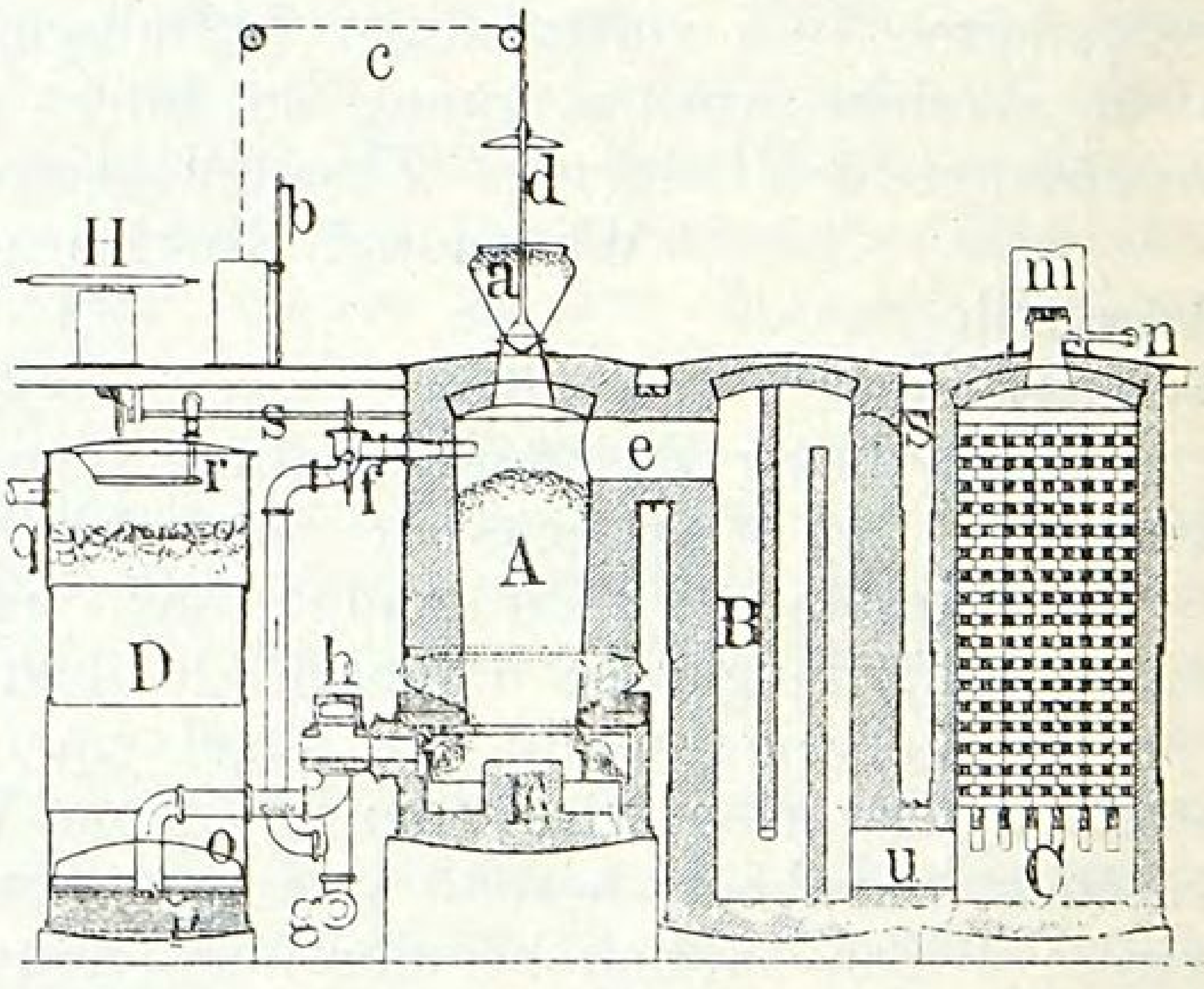


Fig. 338.

in dem mit Koksstücken gefüllten Skrubber D aufwärts und gelangt durch das Rohr g zum Gasbehälter. Hierbei erleidet es noch durch das aus dem Siebrohr r niederrieselnde Wasser eine Abkühlung.

Der Betrieb dieses Apparates erfordert die sorgfältigste Behandlung in Bezug auf die Umschaltungen, da infolge falscher Stellung während des Warmblasens Wind in den Gasometer oder während des Kaltblasens Gas in die Windleitung eintreten und durch Bildung von Knallgas grosse Gefahren herbeiführen würde. Um solche Fehler in der Behandlung zu vermeiden, ist die Einrichtung getroffen, dass sämtliche Wechselorgane von einer Stelle aus mittels einer Bewegung in der durch den Betrieb bestimmten Aufeinanderfolge umgestellt werden. Hierzu dient das Steuerrad H, welches durch Kegelräder die Steuerwelle ss in Umdrehung versetzt, die durch passend angebrachte Hebel oder Exzenter und Zugstangen die in Rede stehenden Verschlussorgane bethätigt. Da das Innere des Generators abwechselnd mit dem Rohr o und dem Rohr g in Verbindung zu bringen ist, so wird der Verschluss in dem Ventilgehäuse h am zweckmässigsten mit einem Verteilungsschieber nach Art eines Muschelschiebers (S. 113 Fig. 162) bewerkstelligt, der zugleich überall von kaltem Wasser umflossen wird.

Der vorstehende Apparat erzeugt bei einer Warmblasezeit von 10 Minuten und einer Kaltblasezeit von 5 Minuten 250 bis 300 *cbm* Wassergas in der Stunde. Zu dem Zwecke erhält der runde Generator unter dem Deckengewölbe einen Durchmesser von 1,25 *m* und eine Höhe von etwa 3 *m* über dem Bodenstein E.

In dem durch Fig. 339 vor Augen geführten Wassergasapparat (Europäische Wassergasaktiengesellschaft) bezweckt man die Verwendung von Steinkohle als Brennmaterial unter gleichzeitiger Ausnutzung der bei der Entgasung ausgetriebenen brennbaren Produkte. Zu dem Zwecke ist der Generator A über dem zu dem Wärmespeicher führenden Kanal c mit einer Verlängerung B versehen, die um so viel enger als der Generatorschacht A gemacht wird, dass zum Abzug der in diesem gebildeten Gase ein herumlaufender in c mündender Ring entsteht. Der mit dem Fülltrichter a abgeschlossene Raum B, dient nun als Destillationsraum, aus dem die flüchtigen Produkte der Steinkohle (Kohlenwasserstoff, Ammoniak, Teer etc.) durch das mit dem Schieber k versehene Rohr q, nach einem Kondensationsapparat abgeführt werden, in welchem Ammoniak, Teer u. s. w. zurückbleibt, während die Kohlenwasserstoffe gereinigt in einen Gasbehälter gelangen, um aus diesem als Leucht- oder Brenngas verwendet zu werden, wenn man es nicht vorzieht, das in B erzeugte Gas mit dem zur Wassergasbildung bestimmten Dampf mittels eines Injektors zu vermischen, um es mit diesem in den Kreis der Wassergaserzeugung einzuführen. Neben dem Generator befindet sich der Wärmespeicher D, durch den Kanal e mit Ventil i in Verbindung mit dem Vorwärmer E, in welchem das Schlangenrohr nnn angebracht ist, dass zur Zuführung der Luft in den Generator

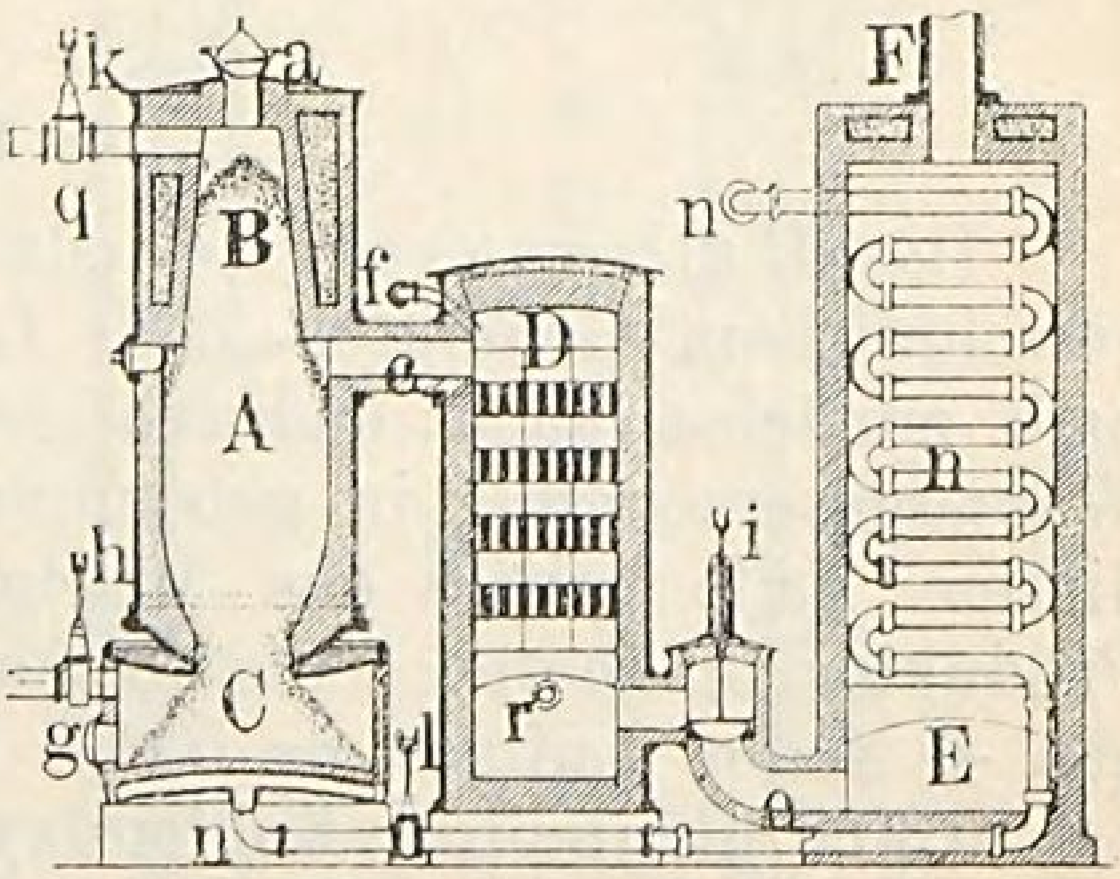


Fig. 339.

dient, während der Wasserdampf durch die Mündung r in den Wärmespeicher eintritt, und das Wassergas durch das Rohr g fortgeführt wird.

Zu Beginn des Prozesses werden die Gasschieber h und k geschlossen, dagegen der Windschieber l und das Ventil i geöffnet. Alsdann durchdringt die durch das Rohr n n n in den Generator geleitete Luft die Brennstoffsäule in A bis zur Höhe c, gelangt in den Regenerator D, von diesem in den Vorwärmer E mit dem Abzug F. Das in diesem Luftstrom vorhandene Generatorgas wird in D mit einem durch das Rohr f zugeführten Luftstrahl vermischt und verbrannt, so dass aus F nur Verbrennungsprodukte entweichen.

Sobald Brennmaterial und Regenerator genügend erhitzt sind, erfolgt der Verschluss von f, l und i, das Öffnen von h und das Eintreten des Wasserdampfes durch r. Derselbe tritt, stark überhitzt durch D und c in den Generator, durchströmt die Steinkohle und verwandelt sich in Wassergas, das durch g entweicht. Ist durch das Dampfblasen die Kohlenmasse so weit abgekühlt, dass man die Wassergaserzeugung unterbrechen muss, so schliesst man den Schieber h und öffnet k. Infolgedessen tritt der Dampf von c aus in den Raum B und treibt aus der hier eingefüllten Kohle die flüchtigen Teile aus, welche durch o den oben genannten Weg nehmen. — Uebrigens kann auch durch gleichzeitiges Öffnen von k und h und Durchströmen des Dampfes nach unten und oben, die Wassergasbildung und Entgasung gleichzeitig stattfinden.

Bezüglich der zahlreichen Anordnungen, welche von den beschriebenen als Muster dienenden mehr oder weniger abweichen, sei hier nur erwähnt, dass sie wesentlich die Umschaltungsvorrichtungen, die Dampferzeugung und die Luftvorwärmung betreffen.

C. Halbwassergas.

Das Halbwassergas oder Mischgas kann als ein Gemische von gewöhnlichem Generator- oder Luftgas und Wassergas angesehen und deshalb zunächst auch dadurch gewonnen werden, dass man die bei der Wassergaserzeugung in getrennten Perioden entstehenden Gase mischt. In diesem Falle erhält das Mischgas eine dem Verhältnisse dieser beiden Produkte annähernd entsprechende Zusammensetzung von 1 *cbm* Wassergas + 4 *cbm* Luftgas = 5 *cbm* Mischgas oder von:

30,8 Raumproz. Kohlenoxyd
11,2 „ „ Wasserstoff
58,0 „ „ unverbrennlicher Gase (hauptsächlich Stickstoff).

Sein Heizwert ist dann durchschnittlich 1223 *WE* für den *cbm*.

Vorteilhafter und zweckmässiger gestaltet sich jedoch seine Erzeugung, wenn gleichzeitig Luft und Wasserdampf in dem Generator eingeblasen d. h. wenn der periodische Betrieb der Wassergasgeneratoren in einen ununterbrochenen verwandelt wird. Die hiebei stattfindende Zersetzung erfolgt nach der Formel $2\,C + O + H_2O = 2\,CO + H_2$ und liefert ein Gas, das theoretisch besteht aus:

40,9 Raumprozent Kohlenoxyd mit		1240 *WE*
20,4 „ Wasserstoff „		630 „
38,7 „ Stickstoff		
mit einem Heizwert pro *cbm* von		1870 „

In Wirklichkeit gelingt diese Zersetzung nicht vollständig; namentlich ist die Entstehung von Kohlensäure sehr schwer zu vermeiden, weshalb die Zusammensetzung des Gases immer etwas schwankt. Bei der Entstehung aus Anthrazit kann man als Durchnittsergebnisse annehmen:

6	Raumprozent	Kohlensäure
23	„	Kohlenoxyd
17	„	Wasserstoff
2	„	Methan
52	„	Stickstoff

woraus sich ergiebt, dass das Halbwassergas etwa 42 Proz. brennbare Gase enthält und einen Brennwert von 1322 *WE* pro *cbm* besitzt.

Die Erzeugung dieses Halbwassergases beruht auf der Zersetzung des Wassers durch glühende Kohlen und findet in der Weise statt, dass ein mit Wasserdampf gemischter Luftstrom einen passenden Generator durchstreift. Dabei bildet der Sauerstoff der Luft mit dem Kohlenstoff des Brennmaterials zunächst Kohlensäure, welche durch die glühenden Kohlen zu Kohlenoxyd reduzirt wird, während das Wasser zugleich die obige Zersetzung erleidet. Der Vorgang erfolgt bei einer Temperatur von etwa 700 bis 800 ° C und wird daher unterbrochen, wenn durch einen Ueberschuss von Dampf zur Zersetzung des letzteren zu viel Wärme verbraucht und der Generator abgekühlt wird. Bleibt dagegen ein richtiges Verhältnis zwischen Luft und Dampf erhalten, so verläuft der Prozess ununterbrochen und gleichmässig.

Am gebräuchlichsten für die Erzeugung des Halbwassergases ist der in Fig. 340 dargestellte Apparat (Dowson; Dowsongas) geworden. Derselbe besteht aus dem Generator A, einem Dampferzeuger B, einem Gaswäscher C, einem Skrubber D und einem Gasbehälter E, sämtlich im Durchschnitte gezeichnet. Der Generator A bildet ein cylindrisches Gefäss aus starkem Eisenblech, das mit einem gemauerten Schacht n umgeben, so dass ein Zwischenraum i bleibt, der mittels des Rohres p mit Wasser gefüllt erhalten bleibt. Zum Einbringen des Brennmaterials dient der Fülltrichter t mit einem seitwärts sitzenden mit Deckel verschliessbaren Stutzen und mit einem durch das Gegengewicht g luftdicht schliessenden Kegelventil v versehen, welches durch Anheben des Gegengewichtes sich nach unten öffnet und bei oben geschlossenem Trichter das Material durchfallen lässt, dann den Schacht aber sofort wieder vollständig schliesst, so dass ein Gasaustritt aus demselben verhindert wird. Der untere Teil o des

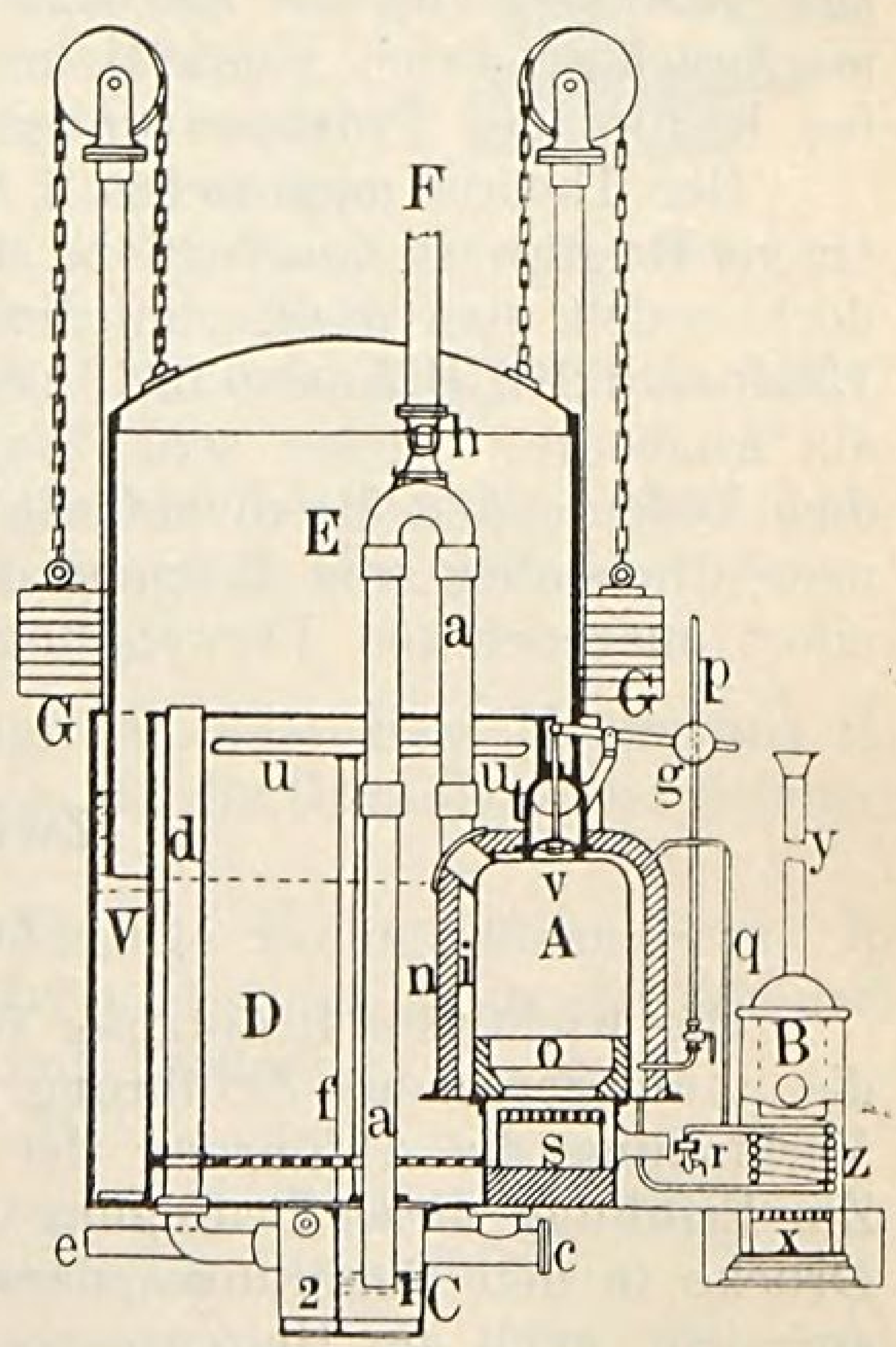


Fig. 340.

Schachtes ist mit einem Ringe aus feuerfestem Material bekleidet, unter dem sich der Rost o mit Aschenfall s befindet. Der Dampferzeuger B hat den Zweck, den zum Betriebe des Generators notwendigen Wasserdampf zu liefern und

besteht aus einem Ofen mit Herd x, Abzugsrohr y und einem kleinen Dampfkessel oder einer Rohrspirale z zur Dampfbildung. — Bei vorstehender Anlage mündet diese Spirale mit dem einen Ende in den Wasserraum i des Generators, mit dem andern Ende bei s in ein Strahlgebläse (Injektor) durch welches der überhitzte Dampf mit 3 bis 4 Atm. Spannung unter Mitnahme einer genügenden Menge Luft und durch einen Hahn genau geregelt, durch den Rost s in den Generator strömt, während das Zweigrohr q Dampf in den Raum i leitet, um ein ununterbrochenes Nachströmen des Wassers nach z zu sichern. — Nachdem der Generator A mit glühendem Koks oder Anthrazit gefüllt, beginnt die Gasbildung. Das Gas gelangt zunächst durch das Rohr a a in den Raum 1 des durch eine Wand in zwei Teile 1,2 geteilten mit Wasser gefüllten Wäscher oder Vorlage C (S. 118) und tritt darauf durch das Rohr c von unten in den grossen Behälter D (Gasreiniger oder Skrubber), der mit Koksstücken gefüllt und zum Reinigen des Gases, wie bei der Leuchtgaserzeugung bestimmt ist. Zu dem Zwecke hat das im Gasbehälter E stehende Gefäss einen durchlöcherten Boden, durch den das von c kommende Gas möglichst verteilt in die Koksfüllung tritt, welche durch horizontal angebrachte Röhren u u mit Oeffnungen durch f ununterbrochen mit Wasser berieselt wird, das durch das Rohr c und das Gefäss C abläuft. Das auf diese Weise gereinigte Gas sammelt sich unter der in das Wasser V eintauchenden, durch Gegengewichte G in der Schwebe gehaltenen Glocke E unter einem Drucke von 30 bis 40 *mm* Wassersäule, gelangt aus dieser durch das Absteigrohr d in die zweite Abteilung 2 des Waschgefässes C und von hier endlich durch das Rohr e zur Gebrauchstelle. — Zu bemerken ist noch, dass das auf dem Rohr a a angebrachte, durch einen Hahn h abzusperrende Rohr F dazu dient, den bei Beginn des Prozesses unvermeidlichen Rauch abzuführen.

Der Theorie nach liefert 1 *kg* Kohle etwa 5,26 *cbm* Halbwassergas mit einem Brennwert von $5{,}26 \times 1363{,}3 = 6972$ *WE*. In Wirklichkeit jedoch erzielt man durchschnittlich 4,7 *cbm* mit einem Brennwert von $4{,}7 \times 1322 = 6213$ *WE* also $6213 : 6972 = 89$ Proz. vom Brennwerte der Kohle als Ausbeute. Dieses sehr bemerkenswerte Ergebnis in Verbindung mit dem bedeutenden Brennwert dieses Gases hat demselben zu Heizzwecken namentlich aber zum Betriebe der Gaskraftmaschinen statt des Leuchtgases einen ausgedehnten Verwendungskreis verschafft.

Zweites Kapitel.

Zugerzeugung.

Die wichtigste Bedingung für die Unterhaltung des Brennprozesses ist die ununterbrochene Zuführung frischer Luft und damit in unmittelbarer Verbindung die Abführung der Verbrennungsprodukte (Heizgase). — Zur Erfüllung dieser Bedingung ist notwendig, die Luft unter einem solchen Drucke in den Feuerungsapparat eintreten zu lassen, dass dieser Druck ausreicht, auch die Heizgase vor sich herzuschieben.

Da sich dieser Druck entweder dadurch herstellen lässt, dass man die Luft vor dem Eintritte unter eine höhere, oder dadurch, dass man sie beim Verlassen des Feuerraums unter eine niedrigere Pressung als diejenige der umgebenden Atmosphäre bringt, so giebt es zu Erfüllung der obigen

Bedingung auch zwei Wege: Einpressen der Luft mittels Überdruck oder Wegsaugen der Luft mittels Unterdruck.

Gewöhnlich und fast allgemein wird der letztere Weg eingeschlagen, weil er der einfachste ist und zugleich die Entfernung der Heizgase in unschädlicher Weise ermöglicht. Derselbe besteht in der Anwendung eines Schornsteines (Kamin, Esse) (K. Fig. 341) welcher im wesentlichen eine vertikale, entsprechend hohe und weite Röhre darstellt, in welche die Feuerzüge F einmünden. Seine Wirksamkeit beruht auf dem Gesetze des Auftriebs insofern als eine warme Luftsäule das Bestreben hat, sich innerhalb einer kälteren Umgebung aufwärts zu bewegen und zwar um so mehr je höher ihre Temperatur ist, weil die Dichtigkeit im umgekehrten Verhältnisse zu der Temperatur steht. Bezeichnet man T die Temperatur der Gase, mit t diejenige der Aussenluft, mit H die Höhe des Schornsteines in *m* über der Eintrittstelle (Rost) der Luft, mit g = 9,8 *m* die Fallbeschleunigung, mit v die Geschwindigkeit der Gase in der Sekunde und mit f einen Koeffizienten, der die Verminderung der Geschwindigkeit infolge der vielfachen Widerstände ausdrückt so findet die Gleichung statt:

$$v = f \sqrt{\frac{2 g H (T - t)}{273 + t}}$$

nach welcher für gewöhnliche Verhältnisse sich die Geschwindigkeit bestimmen lässt, mit welcher die Gase abziehen, wenn f = 0,4 bis 0,8 genommen wird.

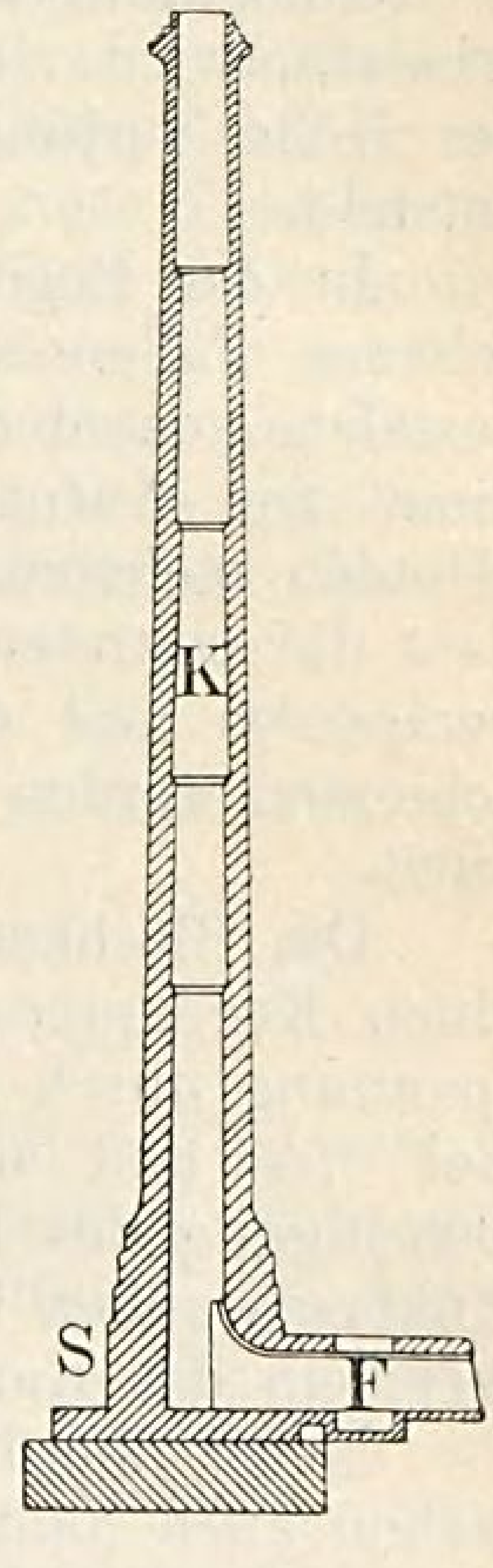


Fig. 341.

Da die in den ausströmenden Gasen vorhandene Wärme verloren ist, so bestimmt man die Abmessungen der Kamine bei möglichst geringer Abzugstemperatur, unter der Annahme, dass die Temperatur der Gase T = 200 bis 300 im Mittel 250° und die Ausströmungsgeschwindigkeit v = 3 *m* in der Sekunde beträgt.

Bezeichnet man ferner mit F den gleichbleibenden Querschnitt des Schornsteines, so ist die durchziehende Gasmenge in der Sekunde:

$$Q = F v.$$

Man sieht aus obigen Gleichungen zugleich, dass diese Menge mit H, T und F wächst, weshalb diese drei Grössen als die Grundlage der Schornsteinabmessungen anzusehen sind.

Bezeichnet man die in der Stunde verzehrte Brennstoffmenge mit B. in *kg*, so lässt sich bei T gleich etwa 250° und v = 3 *m* der kleinste Kamindurchmesser in *m* bestimmen nach der Formel:

$$D = 0{,}06 \sqrt{B}.$$

Den kleinsten Querschnitt eines Schornsteines führt man zweckmässig auf die Rostfläche (s. d.) R zurück und wählt für Steinkohlen:

bei H = 16 *m*	den Querschnitt	F = 0,25 R
„ H = 25 „	„ „	F = 0,20 R
„ H = 36 „	„ „	F = 0,17 R

Für Braunkohlen reicht $^2/_3$ bis $^3/_4$ dieses Querschnittes aus.

Die geringste Höhe eines Schornsteines für Dampfkesselanlagen betrage 16 *m*; im allgemeinen aber ist bei runden Schornsteinen vom Durchmesser D an der engsten Stelle, die Höhe

$$H = 25\ D$$

Als die zweckmässigste Form des Querschnittes muss die Kreisform gelten, wenngleich auch die achteckige und quadratische Anwendung finden. — Damit die Gase beim Austritte aus dem Kamin die grösste Geschwindigkeit erhalten, wird vielfach der innere Querschnitt nach oben hin um etwa $^1/_{60}$ der Höhe verjüngt (Geläuft), wodurch zugleich eine grössere Stabilität entsteht.

In der Regel werden die Schornsteine aus Ziegeln aufgemauert, in seltenen Fällen aus Eisenblechröhren hergestellt. Gemauerte Schornsteine bestehen aus einem Sockel S, einem Schaft K und einem Kopf. Der Sockel dient zur Aufnahme des Fuchses F als Ausläufer der Feuerzüge — Münden mehrere Füchse in einen Sockel, so ist dafür Sorge zu tragen, dass die eintretenden Gase sich nicht gegenseitig den Weg verlegen oder versperren und dass jeder Fuchs für sich durch einen Schieber S abgeschlossen werden kann, der zugleich zur Zugregulirung (Rauchschieber) dient.

Die Blechkamine erhalten gewöhnlich einen Cylinderquerschnitt, selten einen Kegelquerschnitt mit $^1/_{100}$ Verjüngung (Geläuft) und eine Verspannung durch Ketten oder Drahtseile zur Erhöhung der Standsicherheit. Bei $^1/_{75}$ und mehr Geläuft kann die Verspannung wegbleiben. Zur Befestigung des Blechkamins auf dem gemauerten Sockel dient eine mit Ankerschrauben befestigte, gusseiserne Platte mit einem Cylinderaufsatz, in welchem das Kaminrohr durch Keile und Rostkitt gehalten wird.

Nebst den Kaminen zur Erzeugung des sogen. natürlichen Zuges stehen auch dann, wenn eine vorhandene Kaminanlage für die Entfernung der Verbrennungsgase nicht ausreicht, vielfach Vorrichtungen zur Zugvermehrung im Gebrauch (künstlicher Zug). — Sie bestehen aus Gebläsen, welche entweder saugend oder pressend wirken und zerfallen in Zentrifugalgebläse (Exhaustoren, Ventilatoren) und in Dampfstrahlgebläse (Dampfstrahler, Dampfsaugstrahler, Dampfdruckstrahler).

In einfachster Form finden sich zu vorstehendem Zwecke die Dampfstrahler in den sog. Blasröhren der Lokomotiven und Lokomobilen, durch welche die Zugvermehrung infolge des Ausströmens des aus den Dampfcylindern tretenden Abdampfes in die Kamine hervorgebracht wird. — Aus dem Blasrohr entwickelte sich dann der saugende Dampfstrahler, dessen Aufstellung in dem Fuchs der betreffenden Feuerung oder in dem unteren Teile des Kamins erfolgt und der drückende Dampfstrahler, der die Luft durch den Rost in die Feuerung bläst (Unterwindgebläse). — Im allgemeinen besteht der Dampfstrahler nach Fig. 342 aus einem Gehäuse b, das aus mehreren kegelförmigen Düsen zum Eintritte der Luft gebildet ist, aus einem Dampfrohr a und einem Austrittsrohr c d. Indem durch das Rohr a gespannter Dampf zentrisch in die Düsen b geführt wird, bildet sich hier eine Luftverdünnung, welche ein Einströmen von Luft verursacht, die mit dem

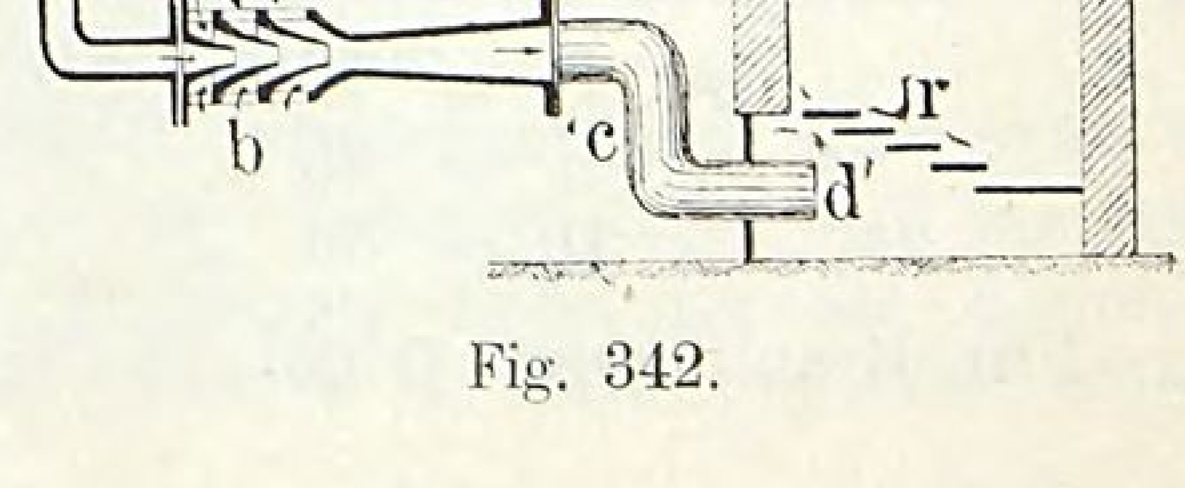


Fig. 342.

Dampt gewaltsam aus c d herausgetrieben wird. — Steht der Apparat in dem Fuchs, so saugen die Düsen die Luft aus dem Feuerraum aus; steht derselbe, wie nebenstehende Figur zeigt, vor dem Herde, so presst er die Luft durch den Rost r in das Feuer.

Infolge des Zuges werden leicht die kleineren glühenden und brennenden Teile des Brennmaterials als Funken von dem Strome der brennenden Gase mitgerissen und in's Freie geführt, wenn der Kamin aus bestimmten Gründen (z. B. bei transportablen Kesseln, Lokomobilen, Dampffeuerspritzen u. s. w.) nur eine geringe Höhe erhalten kann. Um diese Funken unschädlich zu machen, gelangen sog. Funkenfänger zur Anwendung, die entweder aus kugelförmigen Drahtgewebekörben bestehen, die auf dem oberen Rande des Kamins befestigt werden oder aus Einsätzen im Innern desselben, welche auf dem Prinzip beruhen, dass der Gasstrom in gekrümmte Bahnen geführt wird, denen die Funken nicht folgen können, so dass sie zur Ruhe kommen und vertikal abwärts fallen.

Dritter Abschnitt.

Dampferzeuger.

Da der Wasserdampf ein günstiger und äusserst bequemer Wärmeträger ist, so wird sowohl zu Heizzwecken (Erwärmen von Räumen, Kochen, Abdampfen, Trocknen etc.) als auch namentlich zur Verrichtung von Arbeit (Dampfmaschine) in ausgedehntestem Maasse die Wärme in Wasserdampf aufgespeichert und durch Röhren den Gebrauchstellen zugeführt. Aus diesem Grunde gehören diejenigen Vorrichtungen, welche zur Dampferzeugung dienen, nicht nur zu den wichtigsten und verbreitetsten Betriebsmitteln der industriellen Technik, sondern auch zu den mannigfaltigsten, indem sie den verschiedensten Verhältnissen sich anzupassen haben.

Ganz allgemein bestehen dieselben aus geschlossenen mit Feuerungsanlagen versehenen Gefässen, welche Dampfkessel (Dampferzeuger) genannt und in der Weise eingerichtet werden, dass sie die Bildung des Dampfes in ausreichender Menge sowie mit gewünschter Spannung mit dem geringsten Aufwand von Brennmaterialien gestatten. Um diesen Erfordernissen zu genügen ist jeder Dampfkessel mit einem entsprechenden Raum für die Aufnahme von Wasser (Wasserraum) und Dampf (Dampfraum) zu versehen und derart in Form und Anlage und aus einem solchen Material herzustellen, dass die Wärme in der denkbar günstigsten Weise dem Wasser mitgeteilt wird, sowie mit Vorrichtungen auszustatten, welche eine zuverlässige Regelung ihres Betriebes ermöglichen.

Erstes Kapitel.

Material und Form.

I. Material.

Die Bestimmung der Dampfkessel verlangt zur Herstellung derselben ein Material, welches nicht nur hohen Temperaturen und bei diesen

bedeutenden Spannungen auf lange Zeit genügenden Widerstand zu leisten vermag, sondern auch die Wärme möglichst günstig aufnimmt und auf die Verdampfungsflüssigkeit überträgt. Diesen Bedingungen entspricht von den zur Verfügung stehenden Materialien in vollkommenster Weise das schmiedbare Eisen, weshalb die Dampfkessel mit sehr seltenen Ausnahmen aus Eisen- und Stahlblech hergestellt werden. — In einzelnen Fällen ist die Verwendung des im allgemeinen ausgeschlossenen Gusseisens statthaft, nämlich für kleine Kessel zum Kochen, wenn deren Form ein Cylinder oder eine Kugel mit nicht mehr als 25 bez. 30 *cm* Durchmesser ist. Im übrigen beschränkt sich der Gebrauch von Gusseisen auf einzelne Teile am Kessel, soweit diese nicht direkt dem Feuer ausgesetzt sind. — Ausserdem dient für besondere Zwecke mitunter Kupfer als Kesselmaterial, insbesondere zur Anfertigung der Feuerherde (z. B. an Lokomotivkesseln) weil es den unmittelbaren Einwirkungen des Feuers länger Widerstand leistet.

Zur Anfertigung der gewöhnlichen Cylinderkessel werden zunächst aus den durch Abkanten, Lochen (vorzugsweise Bohren) und Biegen vorbereiteten Blechen mittels Zusammennieten der Ränder, sog. Schüsse, hergestellt, welche sodann mit den Rändern übereinander geschoben und vernietet den Kesselkörper (Mantel) bilden, der an beiden Enden durch kreisrunde Platten (Kesselböden) seinen Abschluss erhält. Hierbei bekommen die Schüsse entweder eine cylindrische Form und abwechselnd einen um zwei Blechdicken grösseren Durchmesser oder sämtlich eine entsprechende Verjüngung also eine Kegelform und werden in letzterem Fall in der Weise in einander gesteckt, dass die Verjüngung dem Feuerzuge entgegengerichtet ist, damit der Rand nicht direkt von den Feuergasen getroffen wird. Aus ähnlichen Gründen sind die Längsnähte derart anzuordnen, dass sie möglichst weit vom Feuer zu liegen kommen. — In neuerer Zeit findet die Vereinigung der gebogenen Bleche zu Schüssen auch vielfach durch Zusammenschweissen mit Hilfe eines Wasserstoff- oder Leuchtgasgebläses oder des elektrischen Lichtbogens (Elektrische Schweissung) statt. Solche Schüsse haben an der Längsnaht keine vorspringenden Kanten.

Die Verbindung der Kesselböden mit dem Kesselkörper erfolgt mit Hilfe von Winkeleisenringen (Fig. 7 S. 9) oder von Umbördelungen, die an den Böden oder auch wohl an den Kesselrändern nach aussen hin angebracht sind. (Fig. 5 S. 9) — Um grössere Böden gegen Ausweichen zu schützen, erhalten sie oft noch besondere Verankerungen in Gestalt von Winkelstücken, die gleichzeitig mit Mantel und Böden vernietet werden, oder von Stangen, welche durch den Kessel laufen und mit beiden Böden durch Keile (Fig. 13 S. 11) oder Schrauben eine solche Verbindung erhalten, dass man sie gehörig anspannen kann. — Nahe zusammenstehende, ebene oder flache Wände steift man durch Stehbolzen (S. 10) ab.

Eine ausgedehnte Verwendung im Dampfkesselbau finden schmiedeiserne Röhren in den verschiedensten Grössen und deswegen entweder aus einem Stück durch Schweissen und Walzen oder aus mehreren Schüssen wie Kesselmäntel durch Nieten hergestellt (S. 81). In vielen Fällen z. B. bei Flammröhren bedürfen dieselben, um sie genügend gegen äusseren Druck zu schützen, besonderer Versteifungen. Als solche dienen Ringe aus Winkeleisen (**L**) oder **T**-eisen (**⊥**) welche, damit durch den Ring die Wasserzirkulation keine Störung erleidet und das Festsetzen von Kesselstein nach

Möglichkeit vermieden wird, in einem Abstande von etwa 3 *cm* von der Oberfläche des Rohres mit diesem durch Stehbolzen ihre Verbindung erhalten. — Eine andere sehr empfehlenswerte Versteifung gewinnt man dadurch, dass man die einzelnen Blechschüsse an den Rändern umbördelt und nach Art einer Flanschenverbindung (Fig. 131 II S. 87) mit einem zwischen die Flanschen gelegten Flachringe vernietet.

Die Verbindung dieser Röhren mit den Stirnwänden erfolgt mit Hilfe eines Winkelringes oder einer Umbördelung oder Krempe. Hierbei wird sehr oft in der Weise verfahren, dass man die Krempe an dem Rande der in den Stirnwänden notwendigen runden Oeffnung durch Umbördeln nach innen anbringt. — Zum Einsetzen und Befestigen dünner Röhren in Wänden dient allgemein die S. 91 beschriebene Methode.

Als ein wichtiges Kesselbau-Material sind noch die W e l l r ö h r e n anzuführen, deren Wandungen in der Achsenrichtung wellenförmig (∿∿∿∿) verlaufen und dadurch den Röhren neben einer vergrösserten Oberfläche eine erheblich erhöhte Widerstandsfähigkeit verleihen. Sie finden hauptsächlich Verwendung zu Flammröhren und bieten den glatten Röhren gegenüber manche Vorteile. Wegen ihrer grossen Widerstandsfähigkeit gegen inneren und äusseren Druck gestatten sie bei gleicher Wandstärke einen grösseren Durchmesser und eine bessere Flammenentfaltung oder bei gleichem Durchmesser eine geringere Wandstärke und besseren Wärmedurchgang; sie bedürfen aus gleichem Grunde auch nicht der bei glatten Röhren notwendigen Versteifungen. Die Wellen begründen ausserdem in der Längenerstreckung dieser Röhren eine bedeutende Nachgiebigkeit, weshalb im Gegensatz zu den glatten Röhren ihre Ausdehnung und Zusammenziehung infolge der Erwärmung und Abkühlung nicht auf die Kesselböden übertragen wird.

In Bezug auf die Stärke der zur Anfertigung von Dampfkesseln dienenden Materialien sind gewisse Regeln und Vorschriften vereinbart, (Hamburger Normen) von welchen folgende die wichtigsten sind. Ist:

δ = Blechdicke in *cm*.

D = innerem Kesseldurchmesser in *cm*.

p = höchstem Überdruck in *kg* auf *qcm*.

K = Zugfestigkeit des Materials in *kg* auf *qcm*.

z = Festigkeit der Nietnaht im Vergleiche mit der Festigkeit des vollen Bleches.

x = 5 beziehungsweise 4,5 (4,5 bis 5fache Sicherheit) so beträgt die Metalldicke der cylindrischen Kesselwand mit Innendruck:

$$\delta = D \frac{p\,x}{2\,K\,z} \quad \text{und hieraus} \quad p = K \frac{2\,\delta\,z}{D\,x}$$

Die Blechdicke darf indessen nie geringer als 5 *mm* genommen werden.

Für Flammröhren von der Länge = l mit Aussendruck ist die Dicke zu berechnen aus der Formel:

$$\delta = \frac{p\,D}{2000}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \cdot \frac{l}{l + D}}\right) + c$$

worin

a = 100 für Röhren mit überlappter Längsnaht,

a = 80 „ „ „ stumpfer „

c = 0,15 *cm* wenn p bis 5 *kg* auf *qm*,
c = 0,1 „ „ „ „ 6 „ „ „
c = 0,5 „ „ „ „ 7 „ „ „
c = 0 „ über 7 *kg* „ „

Für Wellröhren ist zu nehmen

$$\delta = \frac{p\ D}{1000} + c \text{ worin } c = 0{,}3\ cm$$

Für gewölbte Böden:

$$\delta = \frac{p\ r}{2\ k} \text{ und } p = \frac{2\ \delta\ k}{r}$$

worin

r = Halbmesser des Wölbungskreises in *cm*.
k = zulässiger Belastung der Materials und zwar
k bis zu 400 *kg* auf *qm* für Schweiss- und Flusseisen.
k „ „ 250 „ „ „ „ Kupfer.

II. Form.

Wird unter Form der Dampferzeuger die äussere Gestaltung nebst Grösse derselben verstanden, so ist eine ausserordentlich grosse Mannigfaltigkeit der Form zu erkennen und diese Mannigfaltigkeit dadurch zu erklären, dass man die Dampferzeuger den zahlreichen verschiedensten Bedürfnissen und Zwecken anzupassen hat.

In erster Linie ist die Form derart zu wählen, dass der Dampferzeuger unter sonst gleichen Umständen die grösste Widerstandsfähigkeit (Festigkeit) gegen die Dampfspannung und gegen Abnutzung erhält.

Unter allen Gefässen besitzen nun diejenigen allein bei gleichem Inhalt und gleicher Wandstärke den grössten Widerstand gegen äusseren und inneren Druck, welche überall nach demselben Krümmungshalbmesser gebogen sind, also Hohlkugel und Hohlzylinder. — Ein Vergleich zwischen diesen Formen ergiebt folgendes:

Der Inhalt J einer Hohlkugel wird nach der Formel $J = D^3 \frac{\pi}{6}$ und der Inhalt eines Hohlcylinders $J = D^2 \frac{\pi}{4} L$ bestimmt, wenn D die Durchmesser, $\pi = 3{,}141$ die Kreiszahl und L die Länge des Cylinders bedeutet. Daraus geht hervor, dass sich der Kugelinhalt nur durch eine Zunahme oder Abnahme des Durchmessers, der Cylinderinhalt dahingegen ausserdem durch Vermehrung oder Verminderung der Länge vergrössern oder verkleinern lässt. Man kann demgemäss bei einem Cylinderkessel einen den Verhältnissen angepassten beliebig grossen Inhalt durch grosse Längen gewinnen; also ohne Vergrösserung des Durchmessers und ohne die Widerstandsfähigkeit zu verändern, während bei einer Kugel der Inhalt nur durch Vermehrung des Durchmessers also zugleich auf Kosten der Widerstandsfähigkeit vergrössert werden kann. Hiermit hängt zugleich die Stärke δ der Blechwände zusammen, welche nur mit den Durchmessern wächst, also bei der Kugelform mit dem Inhalt der Kugel, indessen die Cylinderform eine Inhaltsvermehrung ohne Zunahme der Blechstärke, also

ohne Beeinträchtigung der Widerstandsfähigkeit gestattet. Zugleich ist mit der Cylinderform eine grössere Heizfläche und des dünneren Bleches wegen ein leichterer Wärmedurchgang zu gewinnen.

Die Gegenüberstellung dieser verschiedenen durch die Form bedingten Eigentümlichkeiten führt zu dem Ergebnisse, dass die Cylinderform zu bevorzugen ist, weshalb sie als Grundform für die Konstruktion der Dampfkessel zu gelten hat.

Das unverkennbare Übergewicht der Cylinderform gegen alle anderen Formen der Dampfkessel, schliesst nicht aus, dass in besonderen Fällen auch besondere Formen gebräuchlich sind. Namentlich gehören hieher Kessel mit sehr wenig gebogenen, selbst ebenen Seitenflächen. Soweit diese Flächen keine Heizflächen bilden, also nicht zur Aufnahme und Durchführung der Wärme bestimmt sind, liegt die Notwendigkeit möglichst dünner Wände nicht vor; man kann unter diesen Umständen die Wandstärken den Verhältnissen anpassen und dadurch genügende Widerstandsfähigkeit hervorbringen. — Zur Verwendung gelangen solche Flächen vielfach bei den sog. Röhrenkesseln mit ebenen Stirnflächen und bei Anlagen, welche das Anpassen der Kesselform an gegebene Räumlichkeiten notwendig oder erwünscht erscheinen lassen (Dampfschiffe u. dergl.).

Neben dieser Rücksicht auf die Festigkeit ist die Dampfkesselform im allgemeinen bestimmt durch:

1. die Grösse des Wasser- und Dampfraums.
2. die Grösse und Lage der Heizfläche,
3. die Anordnung der Feuerungen und Feuerzüge und
4. die Aufstellung (Einmauerung und Lagerung).

A. Wasser- und Dampfraum.

Aus den S. 278 erläuterten Vorgängen ist zu entnehmen, dass das Wasser im Stande ist, eine grosse Menge von Wärme aufzuspeichern und somit für die Dampfbildung bereit zu halten und zwar um so mehr, je grösser die Menge des im Kessel befindlichen Wassers ist. Demnach gewährt ein grosser mit Wasser gefüllter Raum (W a s s e r r a u m) im Kessel den besonderen Vorteil einer Regelung der Dampfbildung, indem die darin aufgespeicherte Wärmemenge die bei dem Verbrauche des Dampfes und bei der Zufuhr der Wärme unvermeidlichen Unregelmässigkeiten ausgleicht. Ausserdem vermag sie ohne störende Abnahme plötzlich benötigte grössere Dampfmengen zu liefern. — Je unregelmässiger und grösser daher ein auf Dampf begründeter Betrieb ist, je grösser wird der Wasserraum des Dampfkessels zu bemessen sein, wenn eine regelmässige Dampferzeugung stattfinden soll.

Entsprechend der Wassermenge also der Grösse des Wasserraums ist naturgemäss der Zeit- und Brennstoff-Aufwand für die Zuführung der Wärme, sowie der Wärmeverlust durch Abkühlung; wenn der Kessel vorübergehend (z. B. während der Nachtzeit) ausser Betrieb zu setzen ist. — In solchen Fällen demnach, in welchen eine rasche Dampfbildung gefordert wird (z. B. bei Feuerspritzen) oder in welchen auf eine sehr regelmässige Dampfentnahme oder auf eine häufige und länger anhaltende mit kurzen Betriebszeiten abwechselnde Betriebsabstellung zu rechnen ist,

wird ein kleiner Wasserraum notwendig oder doch einem grossen vorzuziehen sein.

Der aus dem Wasser aufsteigende Dampf sammelt sich über dem Wasserspiegel an, indem er einen besonderen Raum (Dampfraum) ausfüllt, dem er zum Gebrauch entnommen wird, und dessen Grösse sich im allgemeinen nach dem Dampfverbrauch zu richten hat.

Die Bildung des Dampfes findet in erster Linie an den heissen vom Wasser bedeckten Kesselflächen in der Form kleiner Bläschen statt, welche sich von den Wänden abstossen und auf die Oberfläche des Wassers drängen, indem sie zugleich das letztere in eine starke Wallung bringen (Schäumen), die ein Aufspritzen des Kesselinhalts und ausserdem zur Folge hat, dass der Dampf mehr oder weniger grosse Mengen von Wasser mechanisch mitreisst (nasser Dampf). Naturgemäss vermindert sich diese Wallung und die Mitführung von Wasser mit der Ausdehnung der Wasseroberfläche (Verdampfungsfläche) weshalb es sich empfiehlt, diese Fläche möglichst gross anzuordnen, namentlich bei solchen Betrieben, welche rasche Dampfbildung beanspruchen. Im allgemeinen ist hierbei für eine stündliche Dampferzeugung von 50 bis 100 *kg* eine Verdampfungsfläche von 1 *qm* anzunehmen. — Ausserdem ist dafür Sorge zu tragen, dass der Dampf im Dampfraum genügend Zeit hat die mitgerissenen Wasserteilchen so viel als möglich auszuscheiden und ist deshalb zur Erzeugung eines trockenen Dampfes der Inhalt des Dampfraums ebenfalls um so grösser zu bemessen, je rascher die Dampfentnahme vor sich geht.

Diejenige Wärmemenge, welche in dem Dampfe aufgespeichert ist im Verhältnisse zu derjenigen, welche das Wasser im Dampfkessel aufnehmen muss ist als sehr klein zu bezeichnen. Nach Tabelle S. 280 z. B. beträgt bei einem Drucke von 1 *kg* (1 Atm.) die in 1 *cbm* Dampf enthaltene Wärmemenge: $(99{,}576 + 497{,}048)\ 0{,}5878 = 350$ *WE*, während bei 99,08° C in 1 *cbm* Wasser 99088 *EW* aufgesammelt sind, so dass sich in diesem Fall die Dampfwärmemenge zur Wasserwärmemenge verhält wie 1:283; bei einem Drucke von 5 *kg* entsprechend einer Temperatur von etwa 151° C ist dieses Verhältnis noch 1 : 94. — Aus dieser Thatsache geht hervor, dass der Dampfraum über dem Wasserraum als Regulator für die Dampfentnahme nicht angesehen werden kann.

Der abwechselnd mit Wasser oder Dampf gefüllte Raum heisst Speiseraum.

B. Heizfläche.

Die zur Dampfbildung erforderliche dem Wasser zuzuführende Wärmemenge richtet sich naturgemäss nach der Menge und nach der Spannung des zu verbrauchenden Dampfes. Beträgt z. B. der Dampfverbrauch in der Stunde 500 *kg* und die Spannung 6 *kg* und hat das Wasser eine Temparatur von 10° C, so beziffert sich nach Tabelle S. 281 die stündlich zuzuführende Wärmemenge auf:

$$500\,(159{,}625 + 495{,}048 - 10) = 322336\ \mathit{WE}$$

Diejenige Wärmemenge, welche ein Kessel dem Wasser innerhalb einer bestimmten Zeit (Stunde) mitteilen kann, nennt man das Verdampfungsvermögen des Kessels. Indem sich nun der Vorgang bei der Wärmezuführung zusammensetzt aus der Aufnahme der in der Feuerung

erzeugten Wärme von der äusseren Fläche der Kesselwand, aus dem Durchgang der Wärme durch die letztere und der Abgabe der Wärme von der inneren Wandfläche des Kessels, so hängt das Verdampfungsvermögen eines Kessels wesentlich von der Beschaffenheit der Kesselwand ab.

Die von den brennenden Feuergasen bestrichene Oberfläche des Kessels bildet die Heizfläche. Unter sonst gleichen Umständen ist das Verdampfungsvermögen proportional der Heizfläche, so dass man bestrebt ist, die letztere möglichst gross anzuordnen. Als Leistung derselben wird diejenige Wassermenge in *kg* angesehen, welche 1 *qm* Heizfläche während 1 Stunde in Dampf verwandelt. Diese Leistung ist jedoch sehr verschiedenen Einflüssen unterworfen, demnach ausserordentlich schwankend und nur in bestimmten Fällen als eine sichere Grundlage zur Beurteilung eines Kessels, in der Regel nur zur Schätzung desselben brauchbar.

Begreiflicher Weise ist diejenige Stelle der Heizfläche am wirksamsten, an welcher die höchsten Temperaturen der Feuergase vorhanden sind, also diejenige Stelle, welche der Feuerung am nächsten liegt, während die Leistung der von hier entfernter liegenden Flächen um so kleiner wird, je mehr sich die Gase durch Abgabe von Wärme abgekühlt haben. — Unter gewöhnlichen Verhältnissen kann man annehmen, dass 1 *qm* Heizfläche im Stande ist, dem Wasser stündlich für jeden Grad Unterschied zwischen der Temperatur t_1 des Wassers und der Temperatur t der Heizgase eine Wärmemenge von 23 *WE* im Mittel zuzuführen. Die ganze auf 1 *qm* zugeführte Wärme beträgt:

$$q = 23\ (t - t_1).$$

Ist z. B. $t = 1200^0$ und $t_1 = 158^0$, so wird abgerundet

$$q = 24000\ WE.$$

Sind die Heizgase dahingegen auf $t = 260^0$ abgekühlt so findet eine Zuführung von:

$$q = 2400\ WE$$

also nur ein zehntel soviel statt. Nach Seite 278 sind zur Bildung von 1 *kg* Dampf von 6 Atm. aus Wasser von 0^0 erforderlich:

$$606{,}5 + 0{,}305 \cdot 158 = 655\ WE.$$

Demnach vermag 1 *qm* der ersten Heizfläche stündlich 36, 7 und 1 *qm* der zweiten Heizfläche etwa 3,67 *kg* Dampf von 6 Atmosphären Spannung zu erzeugen.

Zu einer stündlichen Erzeugung von 500 *kg* Dampf mit 6 Atm. Spannung aus Wasser von 10^0 C Temperatur sind (S. 278) erforderlich 322336 *WE*. Nimmt man nun eine mittlere Temperatur der Feuergase $t = 700^0$ C an, so ist die Leistung von 1 *qm* Heizfläche 23 (700 — 158) = 12466 *WE*. Zur Hervorbringung der genannten Dampfmenge ist daher unter dieser Annahme eine Heizfläche von

$$322336 : 12466 = 26{,}6\ qm$$

notwendig.

Von grossem Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Heizfläche ist ferner deren Oberflächenbeschaffenheit, indem hierdurch die Leichtigkeit der Wärmeaufnahme und der Wärmeabgabe bedingt wird. Vermindert wird diese Leichtigkeit unter allen Umständen in dem Fall, wenn die Kesselwandoberflächen eine Decke oder einen Ueberzug von solchen Substanzen erhalten, welche die Wärme schlechter leiten, als das Kesselmaterial selbst.

Die dem Feuer zugekehrte Wandfläche kommt nun ununterbrochen in Berührung mit Russ, Flugasche, Teerdämpfen u. dgl. also mit Stoffen, die sehr schlechte Wärmeleiter sind und infolge ihrer Ablagerung die Wärmeaufnahme ausserordentlich beeinträchtigen. Aus diesem Grunde ist bei der Anordnung sowohl der Heizfläche als bei dem Betriebe der Kessel darauf zu achten, dass solche Ablagerungen möglichst verhindert werden d. h. die Oberflächen der Wand leicht rein zu halten sind.

Die innere, also vom Wasser bedeckte Wandfläche überzieht sich mit denjenigen Stoffen, welche im Wasser enthalten sind und bei dessen Verdampfung zurückbleiben, so dass ihre Menge mit derjenigen des verdampften Wassers wächst. Diese Stoffe (S 282) scheiden sich aus dem Wasser aus, legen sich oft als steinartige Masse (Kesselstein) oder als Schlamm fest an die Wand und hindern als schlechte Wärmeleiter ebenfalls in hohen Grade die Abgabe der Wärme an das Wasser, weshalb die Verhinderung ihrer Bildung (S. 282) oder ihre fortwährende Beseitigung aus dem Kessel die Wärmeabgabe wesentlich fördert.

Eine besondere Bedeutung für die Leistungsfähigkeit der Heizfläche hat ausserdem das Kesselmaterial, weil dessen Durchleitungsvermögen diese Fähigkeit erhöht oder erniedrigt. Da unter anderem dieses Vermögen stets in einem umgekehrten Verhältnisse zur Dicke steht, so folgt daraus, dass die Kesselwand möglichst dünn zu wählen ist.

Bei dem Austritte der Wärme aus der Kesselwand verwandelt sich das die Heizfläche berührende Wasser in Dampf und bildet mit diesem ein Gemisch von Wasser und Dampf, welches wegen des Dampfgehaltes die Wärme sehr mangelhaft aufnimmt und zwar um so mangelhafter, je grösser der Dampfgehalt in demselben ist, und je länger sich der Dampf an der Heizfläche aufhält. Am ungünstigsten ist demnach die Wärmeabgabe an solchen Stellen der Heizfläche, welche nur und immer von Dampf bedeckt sind wie z. B. im Dampfraum. Wenn aber die Heizfläche nicht soviel Wärme abzugeben vermag als sie aufnimmt, so speichert das Wandmaterial die Wärme auf. Infolgedessen kann das letztere ins Glühen gerathen, die Widerstandsfähigkeit einbüssen und zerreissen. Zur Vermeidung des unter Umständen als Explosion auftretenden Zerreissens und der damit verbundenen Gefahren ist daher Sorge zu tragen, dass niemals die Heizfläche an der inneren Wandseite allein von Dampf sondern nur von Wasser bedeckt wird, Aus diesem Grunde müssen alle Feuerzüge in ihrer höchsten Stelle in einem Abstande von mindestens 10 *cm* unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel liegen.

Von günstigem Einfluss auf den Wärmeübergang von der Kesselwand an das Wasser ist eine schnelle Entfernung der unmittelbar an der Wand entstehenden Dampfblasen durch eine entsprechende Bewegung des Kesselinhaltes, welche den natürlichen Auftrieb der Dampfblasen unterstützt. Diese Bewegung in Verbindung mit dem Auftreiben der Blasen erzeugt eine Strömung, welche in schneller Folge die heisse Dampfblase durch ein kälteres Wasserteilchen ersetzt und somit die Verdampfung beschleunigt. Eine solche Strömung wird in erster Linie durch die Wärme selbst hervorgerufen, weil diese die in der Nähe der Kesselwand sich befindenden Wasserteilchen zuerst erwärmt, dadurch ausdehnt, leichter macht und zum Aufsteigen bringt. Demgemäss wird die Strömung auch um so lebhafter, je

grösser die zugeführte Wärme ist und aus demselben Grunde am stärksten in der Nähe des Herdes, am schwächsten am Ende der Feuerzüge. Infolge der mitunter sehr erheblichen Temperaturunterschiede an den verschiedenen Teilen der Heizfläche erhält aber die ganze Wassermenge das Bestreben sich zu bewegen, indem ununterbrochen die kälteren Teile die wärmeren verdrängen und somit einen vollständigen Kreislauf hervorrufen, der nicht nur das Verdampfungsvermögen des Kessels erhöht und regulirt, sondern auch die Temperaturen ausgleicht und in merklicher Weise das Ansetzen des Kesselsteins vermindert. — Ist die Stromrichtung in einem Dampferzeuger eine solche, dass sie mit der Bewegungsrichtung der Heizgase zusammenfällt, so nennt man den Kessel: Parallelstromkessel gegenüber dem Gegenstromkessel, in dem sich beide Bewegungsrichtungen begegnen.

Die unverkennbaren Vorteile, welche eine Bewegung des Kesselwassers in Bezug auf die Verdampfung somit die Ausnutzung der Brennstoffe, auf die Betriebssicherheit der Kessel u. s. w. herbeiführt, haben auch Veranlassung zu besonderen Anordnungen und mechanischen Vorrichtungen gegeben, welche entweder durch eigentümliche Lage der Heizflächen, durch Wassersteig- und Fallröhren oder sogar durch Bewegungsorgane wirken. Allgemein bevorzugt werden jedoch zu diesem Zwecke Kessel, deren Konstruktionen an und für sich eine genügende Strömung des Wassers infolge des Wärmeübertrittes gewährleisten.

C. Feuerzüge und Feuerungen.

In erster Linie wird das Verdampfungsvermögen eines Kessels von der Grösse der Heizfläche (S. 335) und die Abgabe der Wärme, also der günstige Betrieb von dem Umstande abhängen, dass den Feuergasen genügend Zeit und Gelegenheit geboten wird, um die Wärme an die Heizfläche abzugeben, wobei man durchschnittlich annehmen kann, dass die Temperatur in der Hauptverbrennungszone also im Feuerraum 1000 bis 1200° C und an der Stelle, wo die Feuergase in den Schornstein eintreten etwa 250 bis 300° C beträgt.

Zur Gewinnung der Heizfläche werden folgende drei Anordnungen getroffen:

1. Die Feuerzüge erhalten eine solche Lage, dass nur die Aussenwand des Kessels von den Heizgasen berührt wird;
2. Die Feuerzüge sind sämtlich im Kessel angebracht;
3. Die Feuerzüge liegen zum Teil ausserhalb zum Teil innerhalb des Kessels.

Bei der ersten Anordnung entsteht die einfachste Anlage, wenn man sich damit begnügt, die Gase nur an der einen, bei liegenden Kesseln unteren Fläche hinziehen zu lassen. — Da in diesem Fall eine gehörige Abgabe der Wärme einen unverhältnismässig langen Kessel voraussetzt, so wird von demselben nur äusserst selten Anwendung gemacht. — Vielmehr verlängert man in der Regel den Feuerzug dadurch, dass man denselben am Ende des Kessels umkehrt und

1. an beiden Seiten desselben wieder nach vorn oder
2. an einer Seite desselben nach vorn und an der zweiten Seite wieder nach rückwärts leitet, bevor er in den Fuchs übergeht.

Bei einzelnen Ausführungen verlaufen die Feuerzüge in der Weise, dass sie unter dem Kessel nach der hinteren Stirnwand, von dieser von beiden Seiten nach vorn und endlich über dem Kessel längs des Dampfraums wieder nach hinten und in den Fuchs gelangen. Dieser Verlauf der Feuerzüge bietet den Vorteil, dass der Dampf im Dampfraum gehörig getrocknet wird. — Eine sehr günstige Heizfläche entsteht, wenn man den einfachen Cylinderkessel gewissermaassen teilt, indem man ihn z. B. kürzt und das abgenommene Stück als besonderen Kessel (Nebenkessel) neben demselben (Hauptkessel) anbringt. Liegt dabei der Nebenkessel unter dem Hauptkessel (Unterkessel; Oberkessel) selbstverständlieh mit demselben durch Stutzen derart verbunden, dass die Innenräume als zusammengehörend gelten können, so befindet sich der Dampfraum ausschliesslich im Oberkessel, weshalb der nur mit Wasser gefüllte Unterkessel mit der ganzen Oberfläche den Feuergasen dargeboten werden kann (Sieder). Diese Anordnung erhält noch eine wesentliche Erweiterung durch Anbringung mehrerer Sieder, die sowohl unter- als nebeneinander zu liegen kommen (Siederkessel, Bouilleurkessel). Werden die Feuerzüge bei den Siederkesseln in der Weise verteilt, dass die Sieder zuletzt von den Feuergasen umspült werden, so nennt man sie auch wohl Vorwärmer oder Vorwärmkessel.

Zum Zwecke der Raumersparnis erhalten namentlich kleinere Kessel häufig eine vertikale Aufstellung (Vertikalkessel). Um in diesem Fall eine entsprechend grosse Heizfläche zu gewinnen, wird der Kessel ebenfalls geteilt, aber in der Weise, dass die Sieder von dem Hauptkessel aus vertikal nach abwärts zu hängen kommen und von den Heizgasen umspült werden. — Bei allen Anordnungen mit einer grösseren Anzahl von Siedern werden die letzteren mit kleinen Durchmessern ausgestattet und daher zu Röhren, die mit Wasser gefüllt sind. Dementsprechend bezeichnet man die sämtlichen hierher gehörenden Kessel zweckmässig als Wasserröhrenkessel. — Als besonderer Fall ist noch diejenige Zusammenstellung zu erwähnen, bei welcher die Flammröhren von Wasserröhren quer durchsetzt werden. Diese Wasserröhren werden Gallowaytubes und die damit ausgestatteten Kessel Gallowaykessel genannt.

Zur Durchführung der zweiten Anordnung dienen als Feuerzüge Röhren, welche die Kessel durchziehen und an der ganzen Oberfläche eine Heizfläche bilden. Man hat hierbei insofern zwei Klassen zu unterscheiden, als man entweder nur 1 oder 2 Röhren mit grossem Durchmesser oder eine grössere Anzahl von Röhren mit kleinem Durchmesser anwendet. Die ersteren sind in der Regel zur Aufnahme der Feuerung bestimmt und heissen Flammröhren, (Flammrohrkessel) während die engen Röhren nur die Heizgase durchlassen und Feuerröhren oder Rauchröhren (Röhrenkessel) genannt werden, zum Gegensatz von Wasserröhren. Vielfach kommen auch Flammröhren und Rauchröhren vereinigt vor, indem der erste Teil des Feuerzuges aus einem mit Rost ausgestatteten Flammrohr, der zweite Teil als Fortsetzung des ersten im Kessel aus einer grösseren Anzahl von Feuerröhren besteht. Dabei ist der erste Teil oft zu einem kastenartigen Feuerraum (Feuerkiste, Feuerbüchse) ausgebildet.

Da naturgemäss die Widerstandsfähigkeit enger und gewellter Röhren bedeutend grösser ist, als diejenige weiter und glatter Röhren und infolgedessen die Wandungen der ersteren entsprechend dünner ausfallen und

die Wärme schneller durchlassen, so erklärt sich hieraus zur Genüge die Thatsache, dass die Röhrenkessel ganz besonders zur schnellen Dampfbildung bevorzugt und die Flammröhren so häufig aus Wellröhren hergestellt werden, zumal die letzteren ausserdem bei gleicher Länge und Weite eine grössere Heizfläche darbieten und durch eine abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung den Kesselstein abstossen.

Die dritte Anordnung bildet eine Verbindung der zwei ersten und charakterisirt sich durch eine solche Anlage der Feuerzüge, dass die Feuergase gezwungen werden, erst an der Aussenfläche des Kessels entlang und darauf durch Flammröhren beziehungsweise Rauchröhren oder umgekehrt erst durch die Flammröhren und dann der Aussenfläche entlang oder endlich abwechselnd an auswendigen oder inwendigen Heizflächen hinzuziehen. — Die aus dieser Mannigfaltigkeit der Feuerzügenfolge hervorgehende grosse Anzahl von Kesselformen hat denn auch eine sehr ansehnliche Menge derselben hervorgerufen.

Im engsten Zusammenhange mit der Anlage der Feuerzüge steht die Wahl der Feuerungen, welche demnach ebenfalls die Gestaltung der Kessel ausserordentlich beeinflusst.

Angewendet werden für Dampfkesselheizungen:

1. gewöhnliche Rostfeuerungen,
2. Ganz- und Halbgeneratorfeuerungen und
3. Naphta-, Teer- und Gasfeuerungen,

so dass man wohl direkte und indirekte Feuerungen unterscheidet, je nachdem das Brennmaterial unmittelbar oder als Gas zur Verbrennung gelangt.

Bezüglich der Anbringung teilt man die in Rede stehenden Feuerungen ein in: Untenfeuer, Zwischenfeuer, Vorfeuer und Innenfeuer.

Das Unterfeuer (Fig. 320 S. 293) mit Plan- oder Schrägrost hat seinen Platz unmittelbar unter dem Kessel und zwar in einem aus Mauerwerk aufgebauten Raum, dessen Decke von dem Kessel gebildet wird und an dem unter dem Kessel sich der Feuerzug anschliesst. Bei dieser Lage wird die Kesselwand unmittelbar von der Stichflamme des Feuers getroffen und verhältnismässig schnell zerstört, wenn man die Flamme nicht dadurch schwächt, dass man den Abstand zwischen Kessel und Rost gross wählt. Damit andererseits aber sich die Flamme nicht zu stark an der kalten Kesselwand abkühlt, ist dieser Abstand auch nicht zu gross zu machen. In der Regel genügt eine Entfernung zwischen Rost und Kessel von 40 bis 60 *cm* für gewöhnliche Steinkohlenfeuerung, 40 bis 50 *cm* für Braunkohlenfeuerung und mit Rücksicht auf die bei Koks notwendige hohe Schichtung 70 bis 100 *cm* bei Koksfeuerung. Aus denselben Gründen wird der Zwischenraum zwischen Kesselwand und Feuerbrücke überall etwa 30 *cm* hoch genommen. — Naturgemäss bildet die Unterfeuerung die Hauptanordnung bei stehenden Kesseln, weil diese Aufstellung die tiefste Lage des Feuers notwendig macht.

Liegen mehrere Kessel übereinander, so wird der Herd sehr oft in der Weise angelegt, dass die Feuergase die untere Fläche des Oberkessels und die obere Fläche des Unterkessels bestreichen. Obwohl dieser Anlage das System des Unterfeuers zu Grunde liegt, so wird dieselbe doch gewöhnlich mit Zwischenfeuer (Fig. 327 S. 306; Fig. 328 S. 307) bezeichnet.

Die Vorfeuerung (Fig. 322 S. 301, Fig. 325 S. 305) befindet sich in einem besonderen Raum, der vor dem Kessel aus Mauerwerk aufgebaut wird. Weil dieser Raum nicht mit der kalten Kesselwand, sondern überall mit den heissen Mauerflächen abgeschlossen ist, so kann in demselben stets eine hohe Temperatur herrschen und eine möglichst vollkommene Verbrennung erzielt werden. Ausserdem bietet die Vorfeuerung den Vorteil, dass man bei ihr nicht durch Raummangel gehindert ist, das Generatorsystem ausgiebig zur Ausnutzung zu bringen, überhaupt in der Lage ist, ohne Beschränkung den Herd jedem Brennmaterial und jeglichem Bedürfnisse unter den günstigsten Verhältnissen anzupassen. Als bemerkenswert ist noch hervorzuheben, dass das den Feuerraum abschliessende Gewölbe dem Roste möglichst nahe gerückt wird, um eine günstigste Einwirkung der von dem Gewölbe ausstrahlenden Wärme auf das frisch aufgegebene Brennmaterial hervorzubringen. Der ganzen Anordnung nach gestattet die Vorfeuerung allerdings deshalb nicht die vollkommenste Ausnutzung der erzeugten Wärme, weil ein Teil der letzteren in das Mauerwerk übertritt und durch Strahlung verloren geht. — Um eine höchst intensive Verbrennung der Gase im Feuerraum zu erzielen, hat man wohl die Herddecke mit Schlitzen zum vertikalen Durchtritt der Gase versehen, sodann über dieser Decke ein zweites Gewölbe gespannt, unter dem die Verbrennung infolge einer innigen Vermischung der Gase mit der Luft in ausgezeichneter Weise vor sich geht. — Sowie einerseits ein Übergang zwischen Unterfeuer und Zwischenfeuer besteht, so nähert sich auch andererseits die Anlage des Vorfeuers derjenigen des Zwischenfeuers.

Unter Innenfeuer versteht man jede Feuerungsanlage, bei welcher (Fig. 323 S. 303, Fig. 326, S. 305) der Herd im Innern des Kessels angebracht ist. Zur Anlage derselben dienen eine oder zwei Röhren (Flammröhren; Flammrohrkessel), welche die ganze Kessellänge erhalten und so weit sind, dass sie genügend Raum für den Herd haben, oder es werden diese weiten Röhren auf eine für die Aufnahme des Herdes ausreichende Länge beschränkt (Feuerkiste) und mit einer grösseren Anzahl enger Feuerröhren derart in Verbindung gebracht, dass die letzteren eine Fortsetzung im Kessel bilden (Flammrohrkessel mit Heizröhren). — Kessel mit 1 Innenfeuer heissen auch Cornwall-Kessel, mit 2 Innenfeuern Fairbairn-Kessel.

Der Vorgang in einem Innenfeuer steht demjenigen in einem Vorfeuer insofern gegenüber, als derselbe sich wegen der abkühlenden Umgebung unter ungünstigeren Verhältnissen vollzieht, indem bereits während der Verbrennung ein bedeutender Teil der entwickelten Wärme von dem Wasser fortgenommen und die Intensität des Feuers vermindert wird. Andererseits fällt der durch die Erwärmung des Mauerwerkes entstehende Wärmeverlust fort und es ist demnach erklärlich, dass die Wärmeausnutzung für die Dampfbildung nicht geringer ausfällt. — Zu den Innenfeuerungen gehört übrigens auch die Tenbrink-Feuerung, wenn dieselbe sich (Fig. 326 S. 305) in einem Kesselinneren befindet.

Wegen der bereits S. 331 erörterten Eigenschaften der Wellröhren sind diese in hohem Grade zur Anfertigung von Flammröhren geeignet, weshalb man von ihnen zu diesem Zwecke auch den ausgiebigsten Gebrauch macht.

D. Aufstellung (Einmauerung und Lagerung).

Die **Dampfkesseleinmauerung** dient in erster Linie zur Unterbringung der ausserhalb des Kessels zur Aufnahme der Feuerung, der Feuerzüge, des Fuchses u. dergl. Kanäle notwendigen Teile und in vielen Fällen als Fundament für den Kessel. Ausserdem hat dieselbe noch den Zweck die Kessel gegen die Wärmeausstrahlung zu schützen.

Ganz allgemein wird das Kesselmauerwerk aus Ziegeln hergestellt und zwar an den Stellen, an welchen dasselbe der starken Hitze ausgesetzt ist aus möglichst feuerfesten Chamottesteinen in einer Schicht von etwa 12 bis 15 *cm* (Steinstärken), die sodann mit einer etwa 30 bis 45 *cm* dicken Schicht gewöhnlicher Ziegelsteine ummauert wird. An den geringerer Hitze ausgesetzten Stellen genügt ein Mauerwerk von gewöhnlichen Ziegeln. Liegen mehrere Kessel nebeneinander, so kann man sich bei den zwischen denselben notwendigen Wänden auf die genannte einfache Dicke beschränken. Diejenigen Teile der Einmauerung, welche sich an den Kessel anzulehnen haben z. B. die Decken der an den Kesseln entlang laufenden Feuerzüge, sind in der Weise zu bilden, dass sie bei der Ausdehnung der Kessel infolge der Wärme nicht zerbröckeln und diese Ausdehnung auch nicht verhindern. Deshalb schliesst man diese Feuerzüge oben nicht mit einem Gewölbe sondern mit treppenartig vorspringenden Steinen ab. Ragen einzelne Kesselteile durch das Mauerwerk (Wasserstandsstutzen etc.), so ist der freien Ausdehnung wegen zwischen diesen Teilen ein Zwischenraum zu lassen, der mit einem lockeren unverbrennlichen Material (Schlackenwolle, Asbest etc.) ausgefüllt wird. — Die Höhe der Einmauerung muss in der Weise bemessen werden, dass die untere an den Kessel anschliessende Mauerkante stets unter dem niedrigsten Wasserstande bleibt, damit die vom Feuer bestrichene Kesselfläche nie von Wasser entblösst wird.

In der Regel bedarf die Einmauerung einer Verankerung, welche einerseits das durch Erwärmung und Abkühlung in Bewegung stehende Mauerwerk zusammenhält und andererseits die Lage des Kessels sichert. Man benutzt dazu je paarweise an der Aussenwand des Mauerwerkes vertikal angebrachte, gusseiserne oder schmiedeiserne Schienen (vielfach ausgeschossene Eisenbahnschienen), welche mit den unteren Enden im Erdreich durch Einmauern festgehalten, an den oberen Enden durch Ankerstangen verbunden werden, die quer über und neben dem Kessel liegen und mittels Schrauben oder Keile die Seitenschienen gegen das Mauerwerk pressen. Neben diesen vertikalen Ankerschienen sind namentlich bei langen Kesseln auch häufig horizontale [förmige Schienen notwendig. Sehr empfehlenswert ist ausserdem die Anbringung von Winkeleisen an den vertikalen Kanten, um diese gegen Abstossen etc. zu schützen.

Wenngleich das Mauerwerk zu den schlechten Wärmeleitern gehört, so ist es doch sehr nützlich, im Innern desselben Isolirschichten anzuordnen, um noch mehr Wärmeverluste nach aussen zu vermeiden. Solche Isolirschichten sind gewöhnlich einfache, luftgefüllte, schlitzartige Hohlräume, welche das Mauerwerk in der Kesselachse durchziehen und etwa 6 *cm* Breite bekommen. Ausserdem wird die ganze obere Fläche des Kessels und des Mauerwerkes zu demselben Zwecke mit Asche bedeckt, nachdem man zweckmässiger Weise, um das Durchfallen der Asche in die Züge etc. zu vermeiden, wenigstens auf die Kesselwand und die anliegenden Teile

des Mauerwerkes eine Lehmschicht aufgetragen hat, welche aus Lehm und Asbest, Haaren oder Stroh und dergleichen zusammengesetzt ist, damit sie nicht zerreisst oder zerbröckelt (S. 93). — Da naturgemäss bei Kesseln mit grossen Gebrauchspausen die Einmauerung in jeder Pause grosse Wärmemengen in Verlust bringt und da ferner die Einmauerung durch Aufnahme von Wärme eine schnelle Dampfbildung verzögert, so folgt daraus, dass man die Einmauerung sowohl bei Kesseln mit kurzen Gebrauchsperioden als bei solchen für schnelle Dampfbildung möglichst zu umgehen sucht, während sie für Dampfkesselanlagen mit kurzen Betriebspausen d. h. für gewöhnliche Anlagen die Regel bilden.

Die in der Einmauerung anzubringenden Feuerzüge oder Heizkanäle sind in der Weise anzuordnen, dass die dieselben durchströmenden Heizgase möglichst lange Zeit mit der Heizfläche in Berührung bleiben und zur Förderung der Strömung (Zug) möglichst wenig Widerstände zu überwinden haben. Diese Bedingungen werden erfahrungsgemäss günstig erfüllt, wenn die Kanäle zwischen 10 bis 15 *cm* Weite und die Breite der Kesselheizfläche erhalten, wenn scharfe Biegungen vermieden und die inneren Mauerwerksflächen glatt hergestellt werden. In der Längenerstreckung laufen die Kanäle gewöhnlich den Kesselflächen parallel mit einer kleinen allmählichen Abnahme der Weite; mitunter versieht man die Wände der Züge mit vertikalen Rippen (Kulissen), die in Abständen von etwa 2 *m* und unter einer Neigung von 30 bis 40° gegen die Zugrichtung ungefähr 12 *cm* vorstehen und den Zweck haben, zur besseren Wärmeabgabe die Heizgase mehrfach rechtwinklig gegen die Heizfläche zu lenken und zugleich zu mischen.

Den Querschnitt der Kanäle pflegt man mit allmählichen Übergängen in den einzelnen Zügen dem Fuchs entgegen zu verengen und zwar in der Weise, dass der Querschnitt des ersten Zuges etwa $^3/_4$ und der des letzten Zuges $^1/_2$ der freien Rostfläche, oder dass der Querschnitt des ersten Zuges gleich dem anderthalbfachen des engsten Schornsteinquerschnittes und der des letzten Zuges gleich diesem Schornsteinquerschnitte wird, wobei die Abnahme der anderen Züge proportional erfolgt z. B. 1,5 : 1,25 : 1 oder 1,5 : 1,16 : 1,08 : 1.

Da sich ein bedeutender Teil der sog. Flugasche in den Feuerzügen absetzt und durch Verengung dieser den Zug stört, so sind bei der Einmauerung an passenden Stellen Öffnungen (Putzlöcher) auszusparen, durch welche die Kanäle mindestens für Reinigungskrücken zweckmässiger aber für Arbeiter zugängig und daher etwa 40 bis 45 *cm* im Quadrat gross angelegt werden. Zum Verschluss dieser Löcher dienen gusseiserne Rahmen mit Verschlussdeckeln nach Art der Heizthüren (S. 301), in welchen sich zugleich Schaulöcher anbringen lassen. — Eine wesentliche Erleichterung in der Fortschaffung der Flugasche gewähren jedoch die sog. Aschensäcke. Man versteht darunter Vertiefungen, die auf der Sohle der Kanäle je eine am Ende eines jeden Zuges angelegt, bis an die Aussenwand des Mauerwerkes fortgesetzt und hier durch Schieber oder Thüren verschlossen werden, durch welche man die Säcke von Zeit zu Zeit in einen vorgeschobenen Wagen entleert.

Die Lagerung der Dampfkessel hat den Zweck, die letzteren an einem bestimmten Platze derart zu befestigen, dass während des Gebrauchs ihre Lage zu der nächsten Umgebung nicht verändert wird. — Man unter-

scheidet transportable und feststehende (stationäre) je nachdem sie ihrer Bestimmung gemäss den Ort zu wechseln haben (Lokomobilen, Lokomotiven, Dampfschiffe, Dampffahrkrane und Dampfarbeitsmaschinen etc.) oder den Ort nicht verlassen. — Im ersten Fall erfolgt ihre Lagerung in einfacher Weise innerhalb des Fahrgestells, Rahmens, Schiffraums etc. mittels passender Zwischenteile (Tragkonsolen, Pratzen, Anker, Böcke etc. ohne Einmauerung) die zum Teil am Kessel durch Nieten befestigt, zum Teil mit den umgebenden Gestellen, Rahmen verbunden werden.

Mannigfaltiger gestaltet sich die Lagerung der festliegenden Kessel, wobei zunächst eingemauerte und freistehende wesentliche Abweichungen darbieten.

Die Anordnung der Lagerung ist mit Hinblick auf diejenigen Erscheinungen zu treffen, welche eine Folge der Wärme sind und der Hauptsache nach in einer Ausdehnung oder Zusammenziehung also in einer Bewegung der Kessel auftreten, der Rechnung zu tragen ist, damit diese Bewegung sich möglichst ungehindert bethätigt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Bewegungsgrösse je nach dem ungleichen Wärmegrade sehr verschieden ist und dadurch zugleich Formänderungen veranlasst. Ein gewöhnlicher Walzenkessel mit Unterfeuer z. B. wird an der unteren Fläche erheblich stärker erwärmt, als an der oberen Fläche, daher unten länger als oben und krumm, indem sich zugleich die äusseren Enden heben, so weit sie nicht von dem Gewichte des gefüllten Kessels daran verhindert werden. In diesem Fall tritt dann aber ein schädliches Stauchen im untern Teile ein, das nur durch eine entsprechende Ausgleichung zu vermeiden ist.

Die einfachste in den meisten Fällen genügende und angewendete Lagerung der Kessel besteht in einer Unterstützung z. B. durch niedrige gusseiserne Böcke, deren untere ebene Fläche auf dem Fundament (Kanalsohle) steht und deren obere Fläche, nach dem Kesselhalbmesser gekrümmt, unmittelbar den Kessel aufnimmt. Um den Kesseln die erforderliche Beweglichkeit zu sichern, wird bei Anordnung mehrerer solcher Kesselstühle nur einer festgelegt, die anderen erhalten dagegen je 2 oder 3 Walzen von etwa 6 *cm* Durchmesser, die auf eingemauerten Eisenplatten rollen können. Zum Schutze der Stühle gegen zu hohe Erwärmung dient um- oder vorgebautes Mauerwerk. Die obere Stuhlfläche erhält Rippen, damit sich hier an der Kesselwand nicht zu viel Metallmasse und damit zuviel Wärme ansammmelt.

Wenn der unter dem Kessel vorhandene Feuerzug der Länge nach durch eine Mauer (Zunge) in zwei Feuerzüge geteilt wird, so ist diese Zunge zum Auflegen des Kessels zu benutzen, welcher von der gehörig verankerten Seitenmauer gegen Seitenschwankungen Schutz erhält.

Zur Auflagerung auf das umgebende Mauerwerk erhalten die Kessel seitwärts angenietete gusseiserne Arme oder Winkelstücke (Pratzen) zum Auflegen auf die Mauer. — Damit diese Pratzen der Einwirkung der Feuergase nicht ausgesetzt sind, ist es üblich sie so hoch als möglich anzubringen, so dass sie über der Wasserlinie liegen.

Ausser den erörterten Unterstützungen dienen vielfach Aufhängungen zur Lagerung der Kessel. Zu dem Zwecke werden an den letzteren kräftige Augbolzen oder zwei Winkeleisen (⅃L) zur Aufnahme von Hängestangen angenietet, so dass stets zwei Hängestangen nebeneinander nach aufwärts über die Mauer hinausragen. Mit den oben als Schrauben-

gewinde auslaufenden Enden treten die Stangen durch Platten, welche auf eisernen Trägern ruhen und die Unterlage für die aufzuschraubenden Muttern bilden. Zwischen Muttern und Platten wird eine Spiralfeder von 20 *mm* starkem Quadratstahl oder eine Blattfeder eingeschaltet und damit eine nachgiebige Aufhängung erzielt, welche in hohem Grade geeignet ist, allen Bewegungen der Kessel zu folgen und ihre Formänderung ohne schädliche Beanspruchung des Materials zu gestatten. Die Träger bestehen entweder aus zwei parallelen Doppelwinkeleisen oder auch wohl aus bogenförmigen Gusseisenböcken, welche den oberen Kesselteil konzentrisch umgeben und mit den Füssen auf dem Mauerwerke oder auf besonderen gusseisernen Ständern aufruhen, die in dem Mauerwerke eingemauert sind und auf dem Fundament stehen. Die Federaufhängung ist namentlich für freitragende Kesselteile sehr anzuraten. In manchen Fällen findet zur Lagerung des Kessels übrigens sowohl eine Unterstützung als auch eine Aufhängung sehr zweckmässig Verwendung.

Sehr einfach gestaltet sich in der Regel die Lagerung beziehungsweise Aufstellung der freistehenden Kessel. Horizontale Kessel dieser Art ruhen auf oben beschriebenen Kesselstühlen. Vertikale freistehende Kessel erhalten ihre Aufstellung mit Hilfe einer runden vollen oder ringförmigen, gusseisernen Grundplatte, die auf einem Fundament entweder direkt oder mittels Fundamentplatte verankert wird.

Zweites Kapitel.

Dampfkesselausrüstung.

Um den Betrieb der Dampfkessel unter Anpassung an die geforderten Bedürfnisse möglichst ungestört und mit weitgehender Sicherheit bewerkstelligen zu können, ist es notwendig, dieselben mit einer Reihe von Vorrichtungen auszustatten und Einrichtungen in Verbindung zu bringen, welche in ihrer Gesamtheit die Dampfkesselausrüstung, Armatur oder Garnitur bilden und naturgemäss der Hauptsache umfassen:

1. Vorrichtungen zur Zuführung des Wassers (Speisung);
2. Vorrichtung zur Abführung des Dampfes (Dampfentnahme);
3. Maassnahmen zur Verhütung von Störungen und Gefahren (Sicherheitsausrüstung) in Verbindung mit den Anordnungen zur Besichtigung und Reinigung der Kessel, Feuerzüge u. s. w.

I. Dampfkesselspeisung.

Selbstverständlich ist dafür Sorge zu tragen, dass in dem Kessel ein stetiger Ersatz des als Dampf abziehenden Wassers erfolgt und zwar durch Zuführung von kaltem oder warmem (vorgewärmtem) Wasser (Speisung) mit Hilfe besonderer Vorrichtungen (Speisevorrichtungen).

A. Vorwärmer.

Je wärmer das dem Kessel zuzuführende Wasser (Speisewasser) ist, je weniger Wärme ist aufzuwenden das letztere in Dampf zu verwandeln.

Aus diesem und dem S. 286 ausführlich erörtertem Grunde ist es nützlich das Speisewasser vorzuwärmen, wenn dazu Wärme zur Verfügung steht, die sonst als verloren anzusehen ist. Solche Wärme steht oft zu Gebote in den abziehenden Heizgasen und dem sog. Abdampf der Dampfmaschinen, Dampfheizungen u. s. w. so dass diese Wärmequellen zum Wasservorwärmen oft ausgedehnte Verwendung finden. — In solchen Betrieben, in welchen brennbare Gase als Nebenprodukte entstehen (Hochofenbetrieb), die nicht zum Kesselheizen benutzt werden, empfiehlt es sich dieselben zum Vorwärmen des Wassers zu gebrauchen.

Die Vorwärmer zerfallen demnach in 2 Klassen, jenachdem Heizgase oder Dampf die Wärme liefern.

Unter den Vorwärmern der ersten Klasse ist der sog. Economiser (Green) am verbreitetsten. Derselbe besteht aus einem Bündel vertikaler Röhren, das in den Fuchs eingebaut ist. Die Röhren aus Gusseisen sind durch Querröhren sowohl oben und unten derart mit einander verbunden, dass sie von dem Speisewasser in der Richtung zum Kessel dem Zuge entgegen durchflossen werden (Gegenstrom). Die Zahl und Grösse der Röhren richtet sich natürlich nach der vorzuwärmenden Wassermenge, ihre Wärmeaufnahmefähigkeit nach der Beschaffenheit der Oberflächen. Da sich die äussere Fläche aber leicht mit Russ, die innere mit Kesselstein überzieht, so verlangen diese Vorwärmer ein häufiges Reinigen. Zum Reinigen der äusseren Fläche dienen in der Regel Schaber, welche an horizontalen Balken angebracht sind, die durch Ketten und Kettenrollen fortwährend auf und niedergeführt werden. — Eine Verbesserung dieser Anordnung findet sich in der Anwendung gerippter Röhren (Büttner), um die Wärmeaufnahmefläche zu vergrössern. Da die Economiser als eine Einrichtung zur Vermehrung der Kesselheizfläche angesehen werden müssen, so sind sie bei richtiger Bemessung der letzteren also bei Neuanlagen für überflüssig zu erklären; nur für den Fall einer notwendigen stärkeren Beanspruchung alter Anlagen oder da, wo die mittlere Temperatur der Feuergase beim Eintritt in den Schornstein 250 bis 275° C überschreitet z. B. von 300° C aufwärts geht, haben sie eine Berechtigung.

Die Vorwärmer, in welchen die Erwärmung des Wassers durch Abdampf vorgenommen wird, zerfallen in zwei Arten nämlich in solche, in welchen der Dampf unmittelbar mit dem Wasser in Berührung gelangt (Mischvorwärmer) und in solche, in welchen der Dampf Metallflächen erwärmt, die vom Wasser bespült werden (Oberflächenvorwärmer).

Ein wirkungsvoller Mischvorwärmer besteht (Fig. 343) aus einem hohen Gusseisencylinder A, dem der Dampf im Boden durch das Rohr B zugeführt wird. Im Inneren desselben befindet sich von Stangen s getragen ein System von Tellern t und Ringplatten r, über welche sich das durch das Brauserohr C zulaufende Wasser verteilt, indem es kaskadenartig hinunterrieselt. Hierbei strömt demselben der Dampf von unten entgegen und bildet mit dem Wasser einen Gegenstrom, der deshalb von besonders günstiger Wirkung ist, weil das Wasser zuletzt mit dem einströmenden Dampf in Berührung tritt. Der untere Raum D des Behälters dient als Sammelraum des erwärmten Wassers und sollte stets zur Vermeidung von Abkühlung mit einer Isolirmasse (S. 92) bekleidet sein. Ein seitwärts angebrachtes Überlaufrohr E verhindert das Einlaufen des Wassers

in das Dampfrohr. Der auf dem schrägen Boden sich ansammelnde Schlamm wird durch den mit Hahn versehenen Rohrstutzen G nach Bedürfnis weggespült, während für die Entnahme des Wassers der Stutzen F angebracht ist. Da die Teller und Ringplatten mittels der Stangen s an dem Deckel aufgehängt sind, so lässt sich der ganze innere Apparat mit dem Deckel herausheben und reinigen. — Der Verwendung der Mischvorwärmer steht übrigens der bereits Seite 286 betonte Umstand, dass der Abdampf in dem Schmierfett einen dem Dampfkessel sehr schädlichen Stoff enthält, entgegen; wenn daher nicht eine vollständige Abscheidung oder Unschädlichmachung des Fettes stattfindet, ist im allgemeinen auf die Anwendung dieser Vorwärmer zu verzichten.

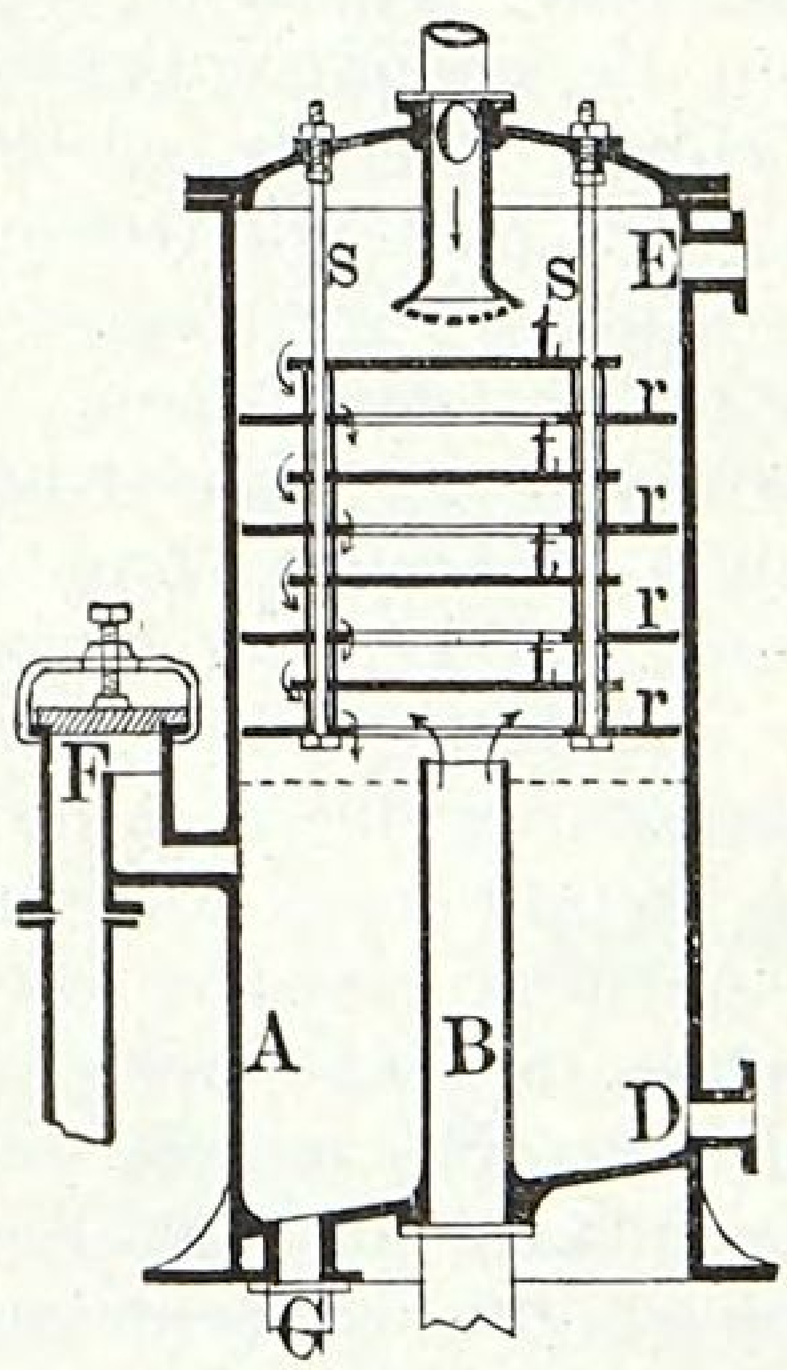


Fig. 343.

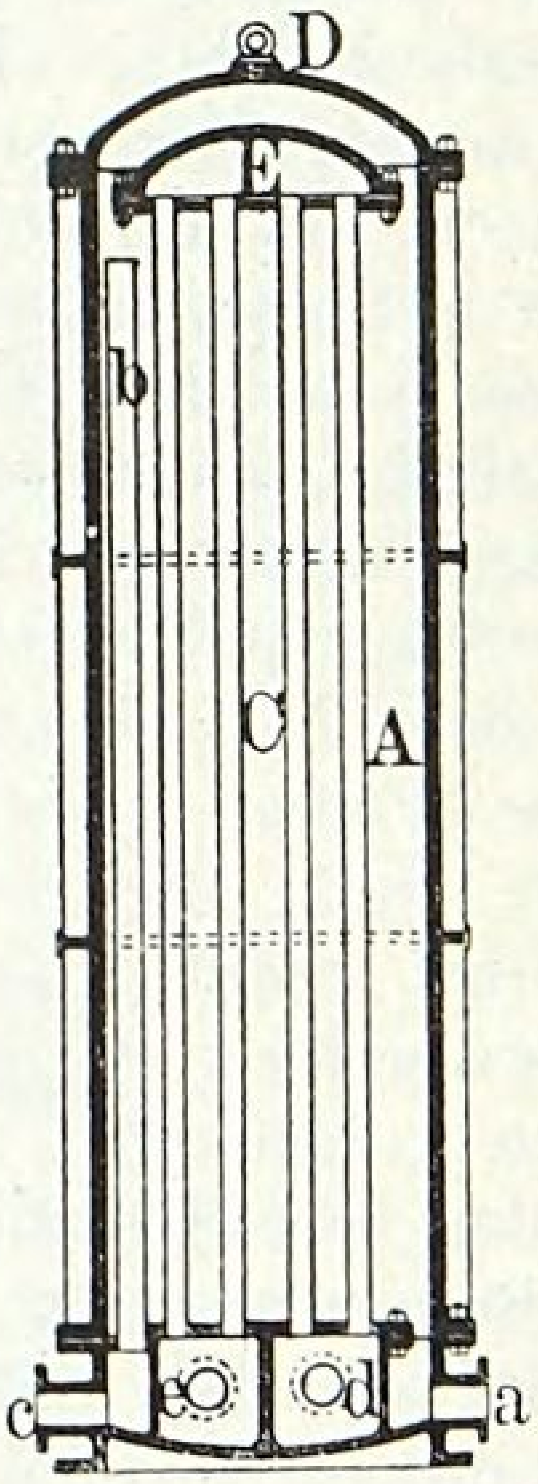


Fig. 344.

Ein Oberflächenvorwärmer von grosser Leistungsfähigkeit ist der in Fig. 344 dargestellte (Eisenhütte Prinz Rudolph). Derselbe besteht aus einem Gusseisencylinder A auf einem Untersatze und ist abgeschlossen mit einem Deckel D. Auf dem Untersatze steht im Innern von A ein System von vertikalen Röhren C, die oben und unten in Schmiedeisenplatten fest eingewalzt sind, während die Haube E das ganze System oben abdeckt. Das zu erwärmende Wasser gelangt durch den Stutzen a in den Untersatz, steigt vertikal aufwärts und tritt durch das Standrohr b und den Stutzen c aus dem Vorwärmer aus. Der Abdampf dagegen strömt bei d ein, durch die eine Hälfte der Röhren C aufwärts, durch die zweite Hälfte abwärts und entweicht durch den Stutzen e in den Abzug, von zwei Hähnen geregelt. Da das Röhrensystem von einem verhältnismässig grossen Wasserraum umgeben ist, so bewegt sich das Speisewasser langsam und gewinnt Zeit zum Absetzen des etwa durch die Erwärmung ausgeschiedenen Schlammes, sowie zu einer erheblichen Wärmeaufnahme. Zum Ablassen des Schlammes dient ein Hahn, unmittelbar über dem Untersatz, und zum Entfernen des kondensirten Wassers ein zweiter Hahn. Auch dieser Vorwärmer erhält zweckmässig einen Wärmeschutzmantel.

Im Fall das Speisewasser einer Reinigung mit Vorwärmung (S. 290) unterliegt oder als Kondensationswasser in erwärmtem Zustande von besonderen Kondensatoren (z. B. der Dampfmaschinen, Vakuumapparate etc.) zur Verfügung steht, sind die genannten Vorwärmer in der Regel überflüssig. — Dahingegen können die zum Reinigen des Wassers vielfach vorhandenen Vorwärmevorrichtungen, insbesondere aber die in Fig. 213, S. 286, Fig. 316, S. 290, Fig. 317, S. 291 ohne weiteres auch dann zum Vorwärmen benutzt werden, wenn aus irgend einem Grunde die Wasserreinigung aufgegeben oder ausgesetzt wird. — Mancherlei eigenartige Vorwärmer bilden Teile einzelner Kesselsysteme.

Bezüglich der Grösse der Vorwärmer sei bemerkt, dass der in demselben vorhandene Wasserraum etwa das stündlich verbrauchte Speisewasser aufzunehmen im Stande sein sollte.

Das gewöhnliche, nicht vorgewärmte oder gereinigte Speisewasser enthält stets atmosphärische Luft, welche beim Eintritte in die heissen Kesselräume ausgetrieben und Veranlassung zum Abrosten der Kesselwandfläche (Korrosionen) wird, wenn sie die letztere immer an derselben Stelle trifft. Hiernach ist die Eintrittsstelle des Speisewassers so zu wählen, dass die aufsteigenden Luftblasen sofort ohne Berührung der Kesselwand in den Dampfraum gelangen. Am sichersten wird dieser Vorgang durch ein Zuleitungsrohr (Einhängerohr) herbeigeführt, das im Wasser ausmündet.

Begreiflicherweise wirkt kaltes Speisewasser, wenn es auf stark erhitzte Stellen der Kesselwand tritt, infolge schneller Abkühlung nachteilig auf das Kesselmaterial ein und führt Undichtigkeiten herbei. Deshalb vermeidet man es im allgemeinen die Eintrittsstelle so anzulegen, dass heisse Kesseltheile z. B. die über dem Herde liegenden unmittelbar von dem kalten Wasser getroffen werden. — Gelangt kaltes Wasser an einer Stelle in den Kessel, an welcher die Heizgase denselben verlassen und daher nur noch wenig Wärme abzugeben vermögen, so ist eine solche Abkühlung der Kesselwand die Folge, dass sich an derselben, das durch die Verbrennung gebildete Wasser mit der verschluckten Schwefligsäure aus den Steinkohlen kondensirt und in hohem Grade zerstörend auf das Kesselblech einwirkt (äussere Korrosionen). Aus diesem Grunde unterliegen die sog. Gegenstromkessel, welche allerdings die vollkommenste Wärmeaufnahme ermöglichen einer schnellen Zerstörung, weil sie in der Regel mit kaltem Wasser an der Stelle gespeist werden, wo die Heizgase in den Fuchs ziehen.

Eine zweckmässige und daher auch oft zur Anwendung kommende Anordnung besteht in einem von oben in den Kessel eingehängten Rohr, welches unter Wasser so gekrümmt ist, dass das Speisewasser horizontal, etwa in der Höhe der Kesselachse, ausfliesst.

Zum Eintritte des Speisewassers in den Kessel ist der in letzterem vorhandene Druck zu überwinden. — Nach dem Eintritte desselben in den Kessel ist das Wasser durch ein Verschlussorgan zu verhindern, in die Speiseleitung zurückzukehren.

Das Verschlussorgan bildet das sog. Speiseventil, das in der Weise anzuordnen ist, dass es sich unter dem Drucke des Kesselwassers schliesst, dahingegen unter dem Drucke des Speisewassers öffnet. In der Regel be-

benutzt man daher ein einfaches Kegelventil (Fig. 141 S. 102); für sehr grosse Kessel mitunter Doppelsitzventile. — In allen Fällen ist es zweckmässig, die Ventile mit einer Druckregulirung zu versehen, um sie wechselnden Verhältnissen anpassen zu können und zwar nach Art der Sicherheitsventile Fig. 152 S. 107.

Desgleichen ist es gerathen, bei der Eintrittstelle des Wassers in den Kessel eine Vorrichtung zum Regeln der Wassermenge anzubringen, um diese unabhängig von dem Speiseapparate abmessen zu können. Bei der Anwendung eines einfachen Kegelventils genügt eine passende Einstellung des Ventilhubes mit Hilfe einer durch den Ventildeckel gehenden Schraubenspindel, die zugleich eine vollständige Absperrung, wie mit einem Absperrventil gestattet. Da es jedoch der Betriebssicherheit viel mehr entspricht, diese Regulirung und Sperrung unabhängig von dem Speiseventil vornehmen zu können, so ist es bei besseren Anlagen gebräuchlich, zwischen Kessel und Speiseventil ein besonderes Absperrventil (Fig. 158 S. 111) oder einen Hahn (Fig. 172 S. 117) einzuschalten. — Eine sehr empfehlenswerte Durchführung dieser Anordnung zeigt Fig. 345. Das Absperrventil B besteht aus einem Teller, der an der Schraubenspindel s hängt, die, mittels des Handrades h gedreht, die Durchlassöffnung genau feststellen und gegebenen Falls auch schnell schliessen (Absperren) lässt. Unmittelbar daneben befindet sich das Speiseventil A mit Unterführung.

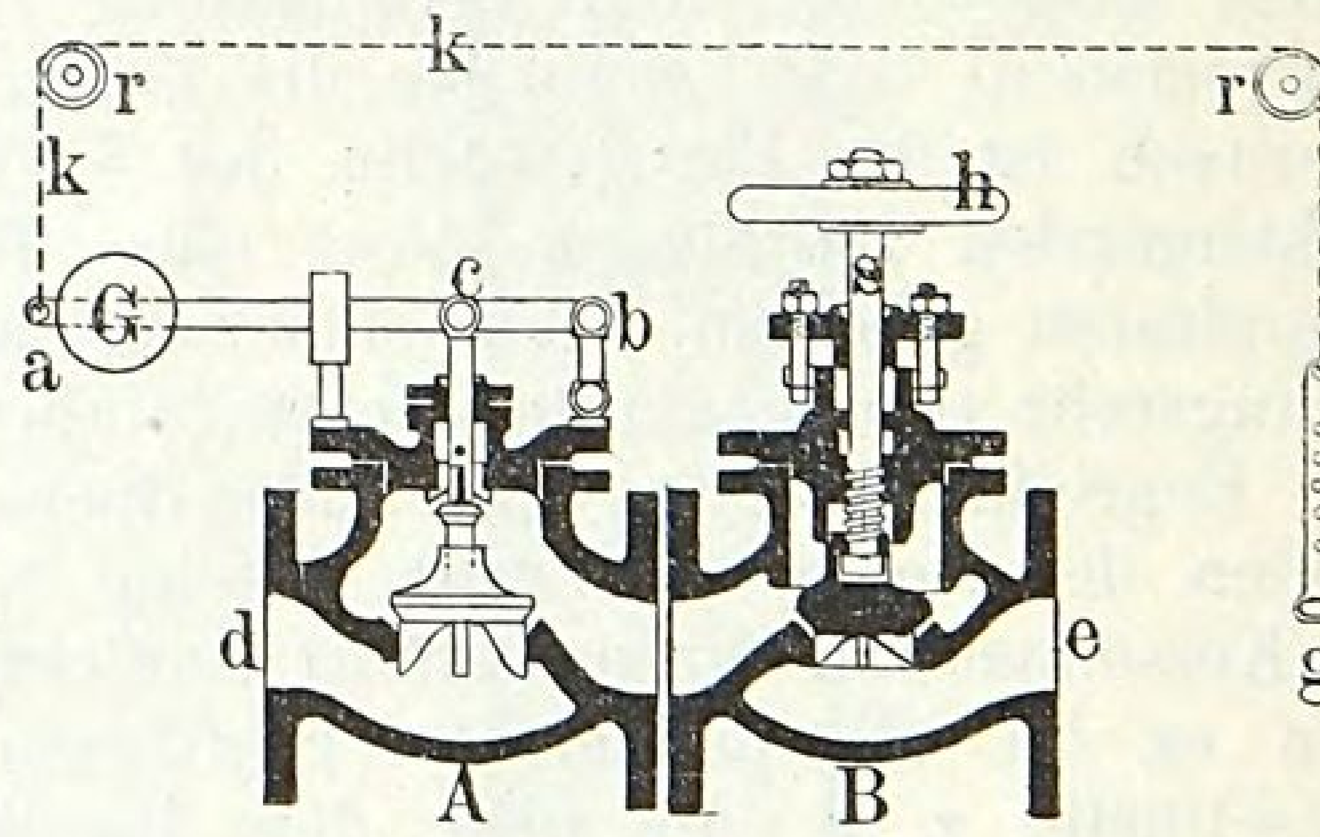


Fig. 345.

Durch das Gewicht G, welches an dem Hebel a b (Sicherheitshebel) hängt und durch die Druckstange c auf den Ventilteller einwirkt, erfolgt ein Ventilschluss. Soll der letztere aufgehoben werden, um den Speiseapparat in Thätigkeit zu bringen, so wird der Hebel a b und damit das Gewicht G mittels einer Kette k k in die Höhe gehoben, die über den Kessel hinweg, von Rollen r, r geführt nach dem Stande des Heizers geleitet wird und hier mit einem Handgriffe g an einer mit mehreren Löchern versehenen Eisenschiene ausgestattet ist, die je nach der gewünschten Ventilöffnung mit einem höher oder niedriger sitzenden Loche auf einen passend angebrachten Stift geschoben wird.

Bei manchen Anlagen beschränkt man sich übrigens auf ein einfaches Kegelventil als Speiseventil (ohne Regulirvorrichtung) und auf ein Absperrventil, welches wie Fig. 345 A mit Sicherheitshebel und Kettenzug neben der Absperrung auch die Regulirung gestattet. — Die Form des Ventilgehäuses (Durchgangsventil Fig. 345 B, Eckventil etc.) hängt natürlich von der Lage der Speiseleitung an dem Kessel ab. — Die Grösse des Speiseventils richtet sich nach der Dampferzeugung des Kessels und beträgt:

35	*mm*	Ventil-Durchmesser	für	200	*kg*	Dampf	in	der	Stunde	
40	„	„	„	300	„	„	„	„	„	
45	„	„	„	500	„	„	„	„	„	
50	„	„	„	700	„	„	„	„	„	

55	*mm*	Ventil-Durchmesser	für	900	*kg*	Dampf	in	der	Stunde	
65	„	„	„	1200	„	„	„	„	„	
70	„	„	„	1680	„	„	„	„	„	
75	„	„	„	2000	„	„	„	„	„	

B. Speisevorrichtungen.

Als Vorrichtungen zum Speisen der Dampferzeuger stehen im Gebrauch:

1. Hochbehälter.
2. Pumpen.
3. Strahlapparate.
4. Selbstthätige Speiser.

1. Die Hochbehälter oder die dieselben ersetzenden Hochdruckwasserleitungen (S. 197) bilden die einfachsten Speisevorrichtungen, finden aber deshalb eine nur beschränkte Anwendung, weil sie verhältnismässig selten den zum Dampfkesselspeisen notwendigen Bedingungen, namentlich bezüglich der Pressungen entsprechen (S. 199).

2. Als die wichtigsten Speisevorrichtungen gelten zur Zeit die Pumpen und zwar Kolbenpumpen. In Gebrauch stehen Handpumpen, Transmissionspumpen und Dampfpumpen.

Die Handpumpen eignen sich nur zum Speisen kleiner Kessel und sind unentbehrlich namentlich in solchen Fällen, in welchen eine andere Kraft nicht zu Gebote steht, also z. B. da wo die Dampferzeuger ausschliesslich zum Heizen, Kochen etc. bestimmt sind. Man giebt diesen Hand-, Saug- und Druckpumpen gewöhnlich einen Cylinderdurchmesser von 3 bis 7 *cm* und einen Hub von 6 bis 12 *cm* und setzt sie durch Hebel oder Kurbel mit Schwungrad in Bewegung. Als bequemere Aufstellung wird die horizontale Lage dieser Pumpen bevorzugt.

Befindet sich in der Nähe der Kesselanlage eine Betriebsmaschine, (Dampfmaschine) oder eine Transmission, so werden häufig sogen. Transmissionspumpen zum Speisen benutzt, welche möglichst nahe dem Kessel, oft als Wandpumpen, ihre Aufstellung erhalten. — Die wichtigsten Speisepumpen sind diejenigen, welche direkt vom Kesseldampf angetrieben werden (Dampfpumpen), weil sie von allen Betriebseinrichtungen unabhängig sind und sich am besten dem Dampfverbrauch anpassen lassen. Dieselben bestehen aus der Verbindung einer Saug-Druckpumpe mit einer Dampfmaschine in vertikaler oder horizontaler Aufstellung auf Böcken oder an der Wand, auch wohl am Kessel selbst (Lokomobilkessel) befestigt.

Die In- und Aussergangsetzung sowie Regulirung der Speisepumpen erfolgt in der Regel mit der Hand durch das Dampfabsperrventil. Ausserdem stehen selbstthätige Pumpen in Gebrauch, deren Gang durch den Wasserstand des Kessels geregelt wird. Gewöhnlich dient diesem Zwecke ein Schwimmer, der an einem Hebel hängt, von dem aus ein Steuerkolben (Fig. 169 S. 116) in Bewegung tritt und je nach dem Wasserstande des Kessels die zur Dampfpumpe führende Dampfleitung öffnet oder verschliesst. Sehr zweckmässig ist die Anbringung einer Regulirung in der Weise, dass die Pumpe unausgesetzt in Thätigkeit bleibt nnd demnach auch ununterbrochen das verdampfte Wasser ersetzt. Man erreicht diese Speisung durch Einschalten

eines Hahnes, welcher den Raum über dem Saugventil mit demjenigen über dem Druckventil verbindet.

Weil heisses Wasser im luftverdünnten Raum unter dem Pumpenkolben eine Dampfbildung hervorruft, welche die Saugwirkung der Pumpe aufhebt, so sind beim Speisen der Kessel mit heissem Wasser die Pumpen derart anzuordnen, dass das Wasser denselben zuläuft oder über den Ventilen steht. — Bezüglich der Grösse der Pumpen ist es gerathen, dieselbe so zu wählen, dass die Pumpe im Stande ist, das 3 bis 4 fache des Höchstverbrauchs an Wasser zu liefern, damit dieselben ohne, der Stösse wegen, die Wassergeschwindigkeit von 0,5 *m* in der Sekunde zu überschreiten, eine rasche Speisung zu bewirken vermögen.

3. Neben den Pumpen gewinnen mit Recht die Dampfstrahler (Injektor) immer mehr und mehr zum Kesselspeisen Verwendung, da sie zu den einfachsten und zuverlässigsten Mitteln für den in Rede stehenden Zweck gehören und bis zu 8 und mehr Atmosphären Dampfspannung wirksam bleiben. Dieselben beruhen darauf, dass ein aus einer Düse mit gehöriger Geschwindigkeit austretender Dampfstrahl das Wasser mitreisst, welches sich in einem die Düse umgebenden Rohre befindet, indem der Dampfstrahl dem Wasser eine lebendige Kraft mitteilt, welche, unterstützt von der Wirkung der Kondensation ausreicht, dasselbe aus einer gewissen Tiefe zu heben und mit Ueberwindung des Kesseldampfdruckes in den Kessel zu fördern. Gleichzeitig giebt der Dampf unter Kondensation seine Wärme an das Speisewasser ab, wodurch die Dampfwärme auch dem Kesselinhalt wieder zu gute kommt.

Von den zahlreichen Konstruktionen der zum Kesselspeisen dienenden Dampfstrahler seien hier nur folgende als Muster erwähnt. Der in Fig. 346 dargestellte Dampfstrahler (Schäffer und Budenberg) ist mit dem

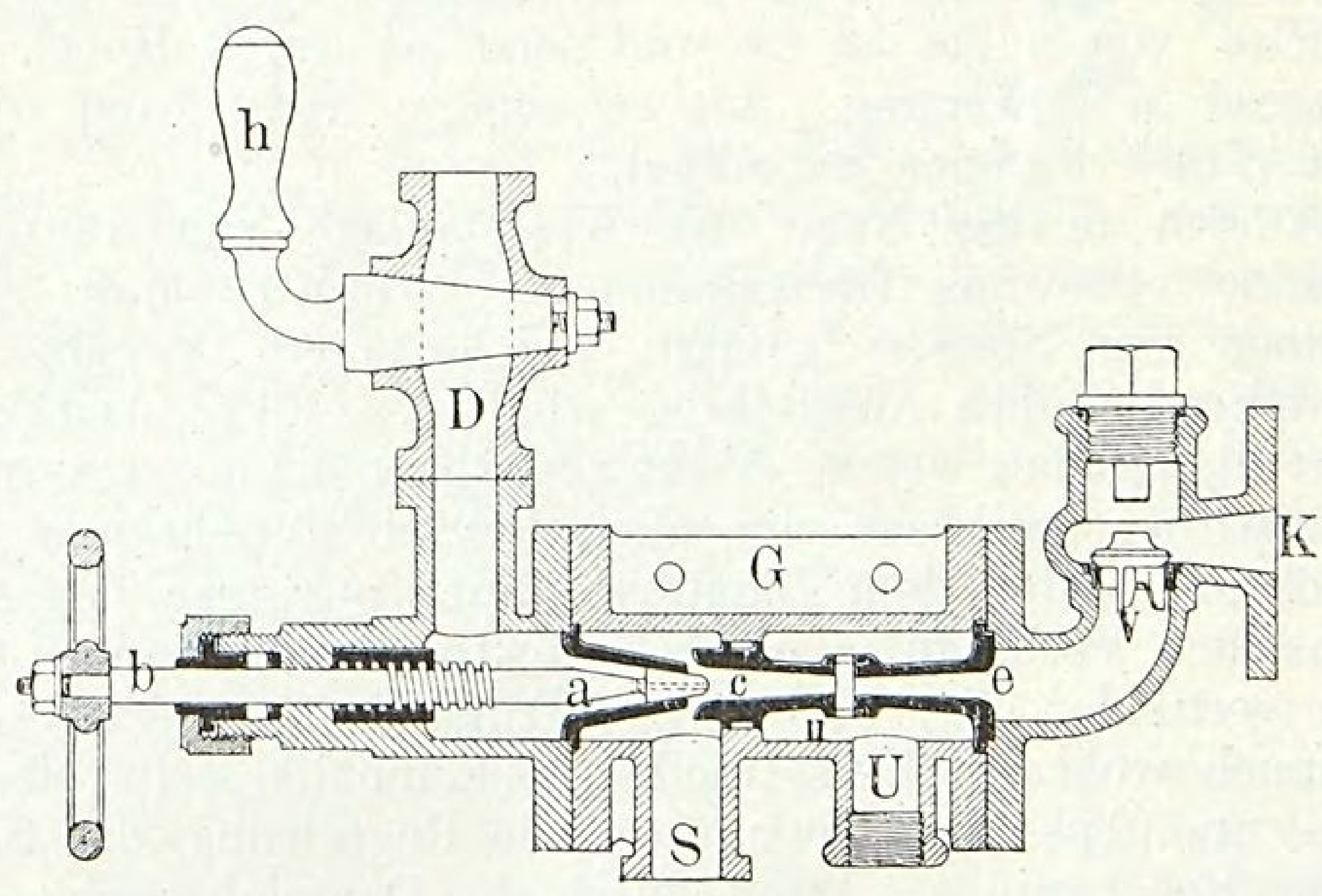


Fig. 346.

Stutzen D an die Dampfleitung, mit dem Stutzen S an die Wasserleitung und mit Stutzen K an die Speiseleitung angeschlossen. Der bei geöffnetem Hahn h eintretende Dampf strömt durch die Dampfdüse a, saugt durch das Saugrohr S das Wasser an und mischt sich mit diesem in der Mischdüse c. Die Mischung tritt über einen freien Raum (Uebersprungraum, Schlabberraum) u in die Fangdüse e, hebt das Druckventil v und

gelangt durch das Speiseventil infolge der innewohnenden lebendigen Kraft nach Ueberwindung des Kesseldruckes in den Wasserraum des Kessels. Zur Regulirung des Dampfstromes dient ein schlank auslaufender Dorn (Nadel) a b, der mittels eines Handrades bei b und eines Schraubengewindes derart einzustellen ist, dass aus der Dampfdüse ein bestimmter Dampfstrom austritt. Zum Anlassen des Dampfstrahlers ist zunächst nur das Oeffnen des Hahnes h und das Zurückziehen der Nadel a b erforderlich; die letztere ist jedoch mit einer Kreuzbohrung versehen, um auch ohne Bewegung der Nadel also sofort nach Oeffnen des Hahnes einen Dampfstrahl einzulassen. Beim Ingangsetzen sowohl als bei unrichtigem Gange wird in dem Schlabberraum u Wasser verspritzt, welches durch das mit Ventil oder Klappe (Schlabberventil) ausgestattete Rohr U abläuft. Den richtigen Betrieb erkennt man daran, dass aus U kein Wasser austritt. Der vorstehend beschriebene Injektor ist im Stande Wasser mit einer Temperatur bis 30° anzusaugen und bei 7 bis 16 Atm. Ueberdruck in den Kessel zu treiben und zwar bis 150 *l* in der Minute.

Der Dampfstrahler (Fig. 347) (Friedmann) unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Injektor dadurch, dass derselbe keine Nadel, dahingegen zwischen der Dampfdüse a und der Mischdüse e noch eine Zwischendüse (Wasserdüse) c besitzt, in welcher das durch den Hahn s eintretende Wasser den aus a strömenden Dampf ringförmig umgiebt, um sodann in die Mischdüse e und die Fangdüse r zu gelangen. Nicht mitgenommenes Wasser aus dem zwischen r und e vorhandenen Schlabberraum und den Bohrungen in der Mischdüse e findet durch u seinen Ausgang. Die eigentümliche Anordnung dieses Dampfstrahlers soll die Speisung mit Wasser von 60° C gestatten. — Nach einer neuesten Ausführung erhält derselbe eine Einrichtung zur Verstellung der Dampfdüse in der Längenrichtung mit Hilfe eines Hebels, so dass diese Düse zugleich die Nadel vertritt; mit diesem Strahler soll bei kaltem Wasser eine Saughöhe bis zu 8 *m* und eine Speisung mit Wasser von 70° C erreicht sein.

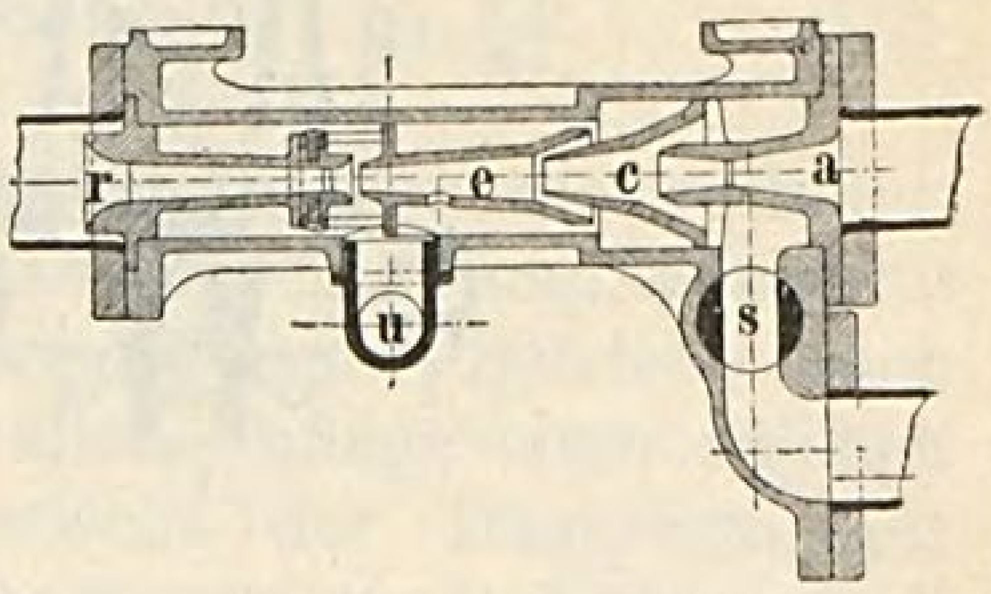


Fig. 347.

Grosse Verbreitung haben zum Dampfkesselspeisen Dampfstrahler gefunden, bei welchen zwei in einem Gehäuse nebeneinander liegende Strahlapparate in der Weise verbunden sind, dass das Wasser von dem ersten angesaugt, unter einem bestimmtem Drucke dem zweiten zugeführt, und dann von diesem unter einer erheblichen Druckvermehrung in den Kessel getrieben wird.

Die neueste Anordnung eines solchen sog. Universalinjektors (Körting) geht aus Fig. 348 hervor. In dem Gehäuse GG liegen neben einander die zwei Strahlapparate C und D, bestehend aus den Dampfdüsen 1 und 2 mit den Ventilen, so wie den Druckdüsen f und g und dem gemeinschaftlichen Schlabberhahn u. Die oben geführten Ventile 1 und 2 hängen in Schlitzen eines Balkens t t, der drehbar an der vertikal verschiebbaren Stange s befestigt ist, so dass sich beim Heben dieser Stange die beiden Ventile öffnen. Da nun das Ventil 1 kleiner ist als 2 und demnach durch den Druck des bei A einströmenden Dampfes geringer belastet ist, als das Ventil 2, so wird es zuerst gehoben. Infolge dieser Hebung

tritt der Apparat C in Thätigkeit, indem er das Wasser durch das Saugrohr S ansaugt. Das angesaugte Wasser gelangt solange durch den Schlabberhahn u ins Freie, bis das Ventil 1 ganz geöffnet ist. Wird sodann u geschlossen (II) und das Ventil 2 geöffnet, so steigt das Wasser aus dem Raum C in den Strahlapparat D, wird in diesem von dem durch 2 eintretenden Dampfstrahl gefasst und dann ebenfalls durch den Hahn u ins Freie getrieben bis 2 vollständig geöffnet ist. In diesem Augenblicke hat

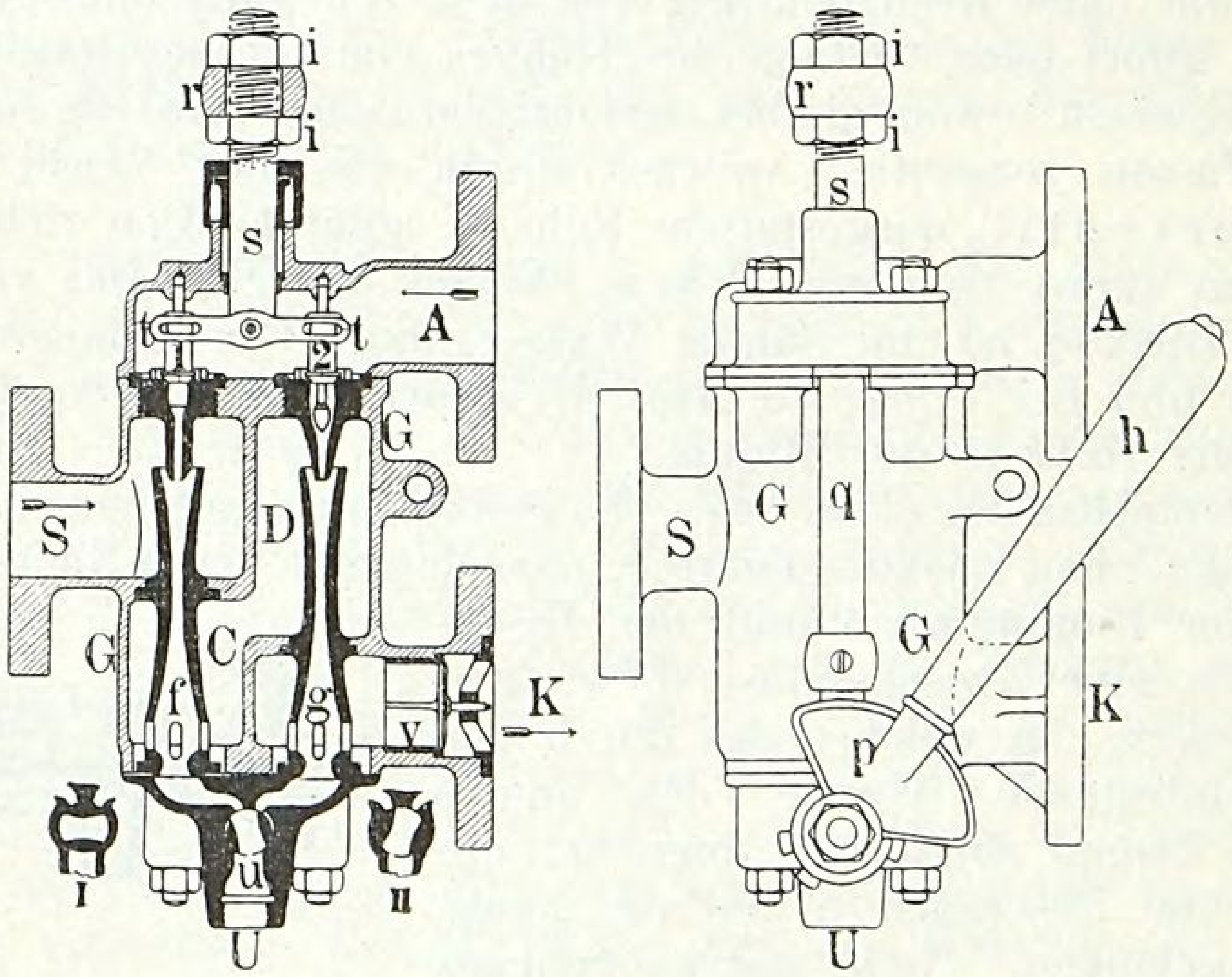


Fig. 348.

der Hahn u seine Drehung auch soweit vollendet (I), dass der Ablaufstutzen U abgeschlossen ist, worauf das Wasser durch das Druckventil v und die Speiseleitung K in den Kessel getrieben wird. — Da die Bewegungen der Ventile 1 und 2 und des Hahnes u in einem bestimmten Zusammenhange mit einander stehen, indem sie unmittelbar aufeinanderfolgen, so ist eine sinnreiche Einrichtung getroffen, welche die Bethätigung dieser Verschlussorgane durch Bewegung eines einzigen Handhebels h ermöglicht. Zu dem Zwecke sitzt dieser Hebel h auf dem Zapfen des Hahnes u fest, um diesen unmittelbar zu drehen. Ausserdem ist mit dem Hebel h eine Platte p verbunden, welche an der inneren Seite eine schräg verlaufende Nut besitzt, in die ein Zapfen der Stange q eintritt, so dass diese mit der Hebelbewegung gehoben wird und die damit durch ein kurzes Querstück r verbundene Stange s mitnimmt. Infolge dieser Einrichtung treten durch Bewegung des Hebels h von einer Seite zur anderen die Bewegungen der Verschlussorgane 1, u, 2 in der genannten Reihenfolge und umgekehrt (Anlassen und Abstellen) und zwar in sehr kurzer Zeit ein. — Die zur Verbindung der beiden Stangen q und s dienenden Schrauben i, i bilden zugleich ein einfaches Mittel zur genauen Einstellung der Ventile 1 und 2 z. B. nach neuem Einschleifen u. dergl., wie überhaupt alle Teile des Strahlers leicht zugänglich sind.

Vorstehend beschriebener Injektor soll das angesogene Wasser noch um 50° C. erwärmen und je nach der Grösse bei 4 Atm. Kesseldruck 460 bis 35000 *l* kaltes Wasser bis zu 2 *m* Saughöhe in der Stunde

ansaugen. Doch ist derselbe unter Herabminderung der Leistung auch im Stande mit Wasser zu speisen, dessen Temperatur 50 bis 60° beträgt, und kaltes Wasser bis 5 *m* anzusaugen.

Bei den gewöhnlichen Dampfstrahlern hört die Saugwirkung sofort auf, wenn Luft in das Saugrohr tritt (durchschlagen), so dass in diesem Fall der ganze Apparat von neuem in Gang gebracht werden muss. Um diese belästigenden Störungen zu umgehen, sind in neuerer Zeit besonders konstruirte, selbstthätig wiederansaugende (Restarting) Dampfstrahler vielfach in Anwendung gekommen, welche äusserst unempfindlich gegen das Eintreten von Luft sind, indem sie sogar auch dann noch in Wirkung bleiben, wenn das Saugrohr aus dem Wasser entfernt wird. Zugleich gestatten sie eine Saughöhe bis 6,5 *m*.

Da die Dampfstrahler von keiner Transmission u. dergl. abhängig sind, so ist ihre Verwendung zum Kesselspeisen namentlich in dem Fall vorzusehen, wo die Speisung selbst von einem Maschinenbetriebe unabhängig bleiben soll. — Dabei ist noch der Umstand sehr beachtenswert, dass zum Betriebe der Dampfstrahler sehr häufig der Abdampf der Dampfmaschinen etc. benutzt und damit zugleich eine Vorwärmung mittels Abdampf (S. 345) erreicht werden kann.

Naturgemäss ist diejenige Speisung der Dampferzeuger die vollkommenste, welche genau soviel Wasser zuführt, als durch Dampfentnahme entweicht, also bei ununterbrochenem oder periodischem Betriebe auch stetig oder in Zeitabschnitten erfolgt. Da vor allem infolge einer solchen Speisung ein hoher Gleichmässigkeitsgrad im Betriebe der Dampferzeuger und damit auch Vorteile in Bezug auf die Verbrennung zu erreichen sind, so ist man bemüht gewesen, Vorrichtungen zur Anwendung zu bringen, welche in selbstthätiger Weise eine derart geregelte Speisung sichern. —

In Verbindung mit Pumpen, Strahlern etc. bezeichnet man diese Vorrichtungen als Speiseregler. Dieselben bestehen aus Verschlussorganen, die entweder durch die Hand oder selbstthätig vom Wasserstande aus in Wirkung gesetzt werden (selbstthätige Speiseregler) und zwar durch gewisse Ventilanordnungen, bei welchen die Regelung dadurch stattfindet, dass der Pumpenkolben eine wechselnde Wassermenge hin- und herschiebt (Maxim), oder durch Einschaltung von Widerständen, oder durch künstliche Erniedrigung der Pumpenwirkung z. B. infolge eines zwischen dem Saugraum und dem Druckraum angebrachten Kanals, durch den eine gewisse von einem eingeschalteten Widerstande (Schieber) abhängige Wassermenge zirkulirt, oder endlich durch Schwimmer, wie bereits bei den Dampfpumpen (S. 349) angegeben.

Neben diesen, übrigens wenig in Gebrauch gekommenen Reglern haben sich zu einem gewissen Grade die eigentlichen Speiseapparate ausgebildet, in welchen eine selbstthätige Speisung und deren Regelung vereinigt sind.

Wenn (Fig. 349) sich über dem Dampfkessel K ein geschlossenes, mit Wasser gefülltes Gefäss G (Kessel) befindet, dessen oberer Raum durch ein Rohr d d mit dem Dampfraum und dessen unterer Raum durch ein Rohr w w mit dem Wasserraum des Dampfkessels in Verbindung gesetzt ist, so muss bei geöffneten Hähnen h das Wasser aus dem Behälter G in den Kessel fliessen. Auf dem in dieser Anordnung liegenden Prinzip

beruhen die selbstthätigen Speiseapparate, deren einfachste Durchführung dadurch möglich wird, dass man die Bewegung der Hähne vom Wasserstande im Kessel K. z. B. durch einen Schwimmer bethätigt. Diese zwar sehr einfache Vorrichtung leidet an der grossen Unvollkommenheit, dass in dem Wasserkessel G das verbrauchte Wasser ersetzt werden muss. Sie eignet sich daher nur für die Fälle, in welchen der gebrauchte Dampf, durch Kondensation zu Wasser verdichtet, in den Kreislauf wieder eintritt und somit nicht verloren geht z. B. bei Dampf-Heizanlagen, aus welchen der in den Heizkörpern kondensirte Dampf als Wasser in den Kessel zurückgeführt werden kann (Rücklauf, retour d'eau).

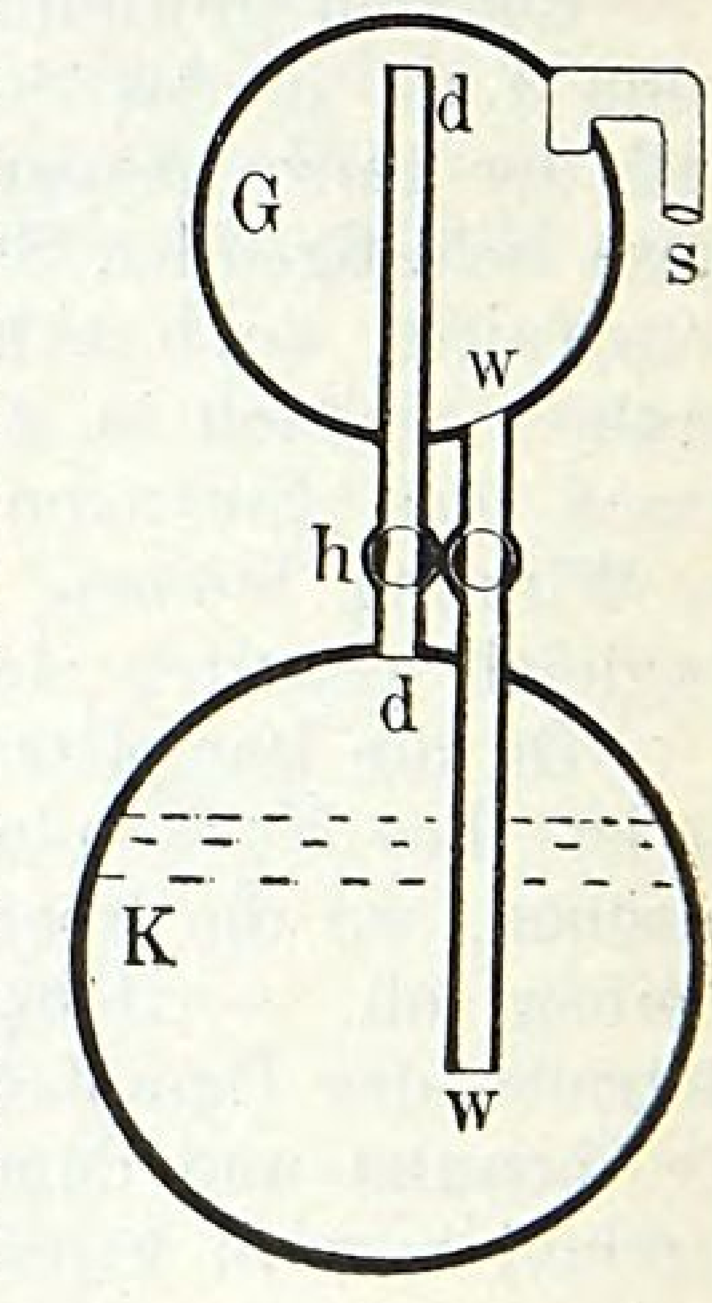


Fig. 349.

Erheblich vollkommener gestaltet sich diese selbstthätige Speisevorrichtung durch Anbringung eines Rohres s von dem oberen Raum zu einem Wasserbehälter (Brunnen), das als Saugrohr zur Wirkung gelangt, wenn sich der in G eingetretene Dampf verdichtet, somit eine Luftverdünnung erzeugt. Zu dieser Gattung gehört z. B. der mit dem Namen Hydrotroph belegte Apparat (Ritter und Mayhew). Derselbe besteht der Hauptsache nach aus einem über dem Kessel aufgestellten Gefässe in Verbindung mit einem Schwimmer, der bei tiefem Wasserstande ein Dampfventil frei macht, durch welches Dampf in das Gefäss tritt und das in letzterem befindliche Wasser in den Kessel drückt. Bei normalem Wasserstande veranlasst der Schwimmer einen Schluss des Dampfventils, eine Kondensation des Dampfes in dem Gefässe und infolgedessen ein Ansaugen des Speisewassers, das bei erneutem Sinken des Schwimmers in den Kessel gedrückt wird.

Ein auf gleichem Grundsatz beruhender, vollständig selbstthätiger Speiseapparat (Cohnfeld) ist durch Fig. 350 schematisch vor Augen geführt. Sein Hauptteil besteht in einem cylindrischen Gefäss, welches durch einen schlechten Wärmeleiter u in zwei Teile A und B geteilt ist. Beide Abteilungen sind durch zwei heberförmig gekrümmte Röhren a a und b b derart mit einander verbunden, dass das Rohr a a den obern Raum von A und B, das Rohr b b den unteren Raum von B mit dem oberen von A in Verbindung bringt. Aus dem Kessel K gelangt bei einem gewissen Wasserstande durch das Steigerohr e d, das Dampfzulassungsventil C, sowie das Rohr c c mit einer sog. Beschleunigungssäule s in den oberen Raum der Abteilung A und drückt das in A befindliche Wasser durch das mit selbstthätigem Speiseventil m versehene Rohr n n in den Wasserraum des Kessels K. Diese Bewegung hält solange an, als der Dampfdruck in A gleich dem Kesseldrucke ist. Sobald durch Kondensation des Dampfes in A der Druck abnimmt, tritt die Beschleunigungssäule s in Thätigkeit. Diese Säule besteht, wie aus der Nebenfigur zu erkennen ist, aus einer mit vier Längsrippen versehenen Säule s in dem Rohre r, zwischen s und r soviel Raum lassend, dass der Dampf genügenden Durchgang findet. Dieselbe sperrt den Dampf ab, wenn sie gehoben wird, indem sie sich dann wie ein Ventil gegen den Durchgang t legt. Diese Stellung tritt nach Beginn der Kondensation des Dampfes in A infolge des höheren Kesseldampfdruckes

ein. Nach erfolgtem Abschluss sinkt das Ventil m auf seinen Sitz, und steigt der Dampf aus A durch das Rohr a a, das in a a befindliche Wasser vor sich her drückend, in den Raum B. Da nun dieser Raum B einerseits durch b b mit A, andererseits durch ein mit Saugventil h ausgestattetes Saugrohr f f mit dem Speisewasserbehälter J in Verbindung steht, so drückt der Dampf das in B vorhandene Wasser durch b b nach A, während durch weitere Kondensation in B frisches Wasser durch f f nachgesogen und dadurch B wieder gefüllt wird. Sodann fällt unter dem Drucke des Wassers die Säule s auf den unteren Steg zurück und öffnet wieder den Dampfzutritt zu A, der sofort stattfindet, wenn der Kesselwasserspiegel unter e gesunken ist, worauf das Spiel von neuem beginnt. — Als Nebenteile sind noch bemerkenswert das mit einer Gummikugel versehene Luftventil v, sodann eine auf b und dem Rohre i i sitzende Lärmpfeife (Fig. 196 S. 139) und ein unter e angebrachtes Gefäss zum Fernhalten der Wallungen von dem Steigrohr e d.

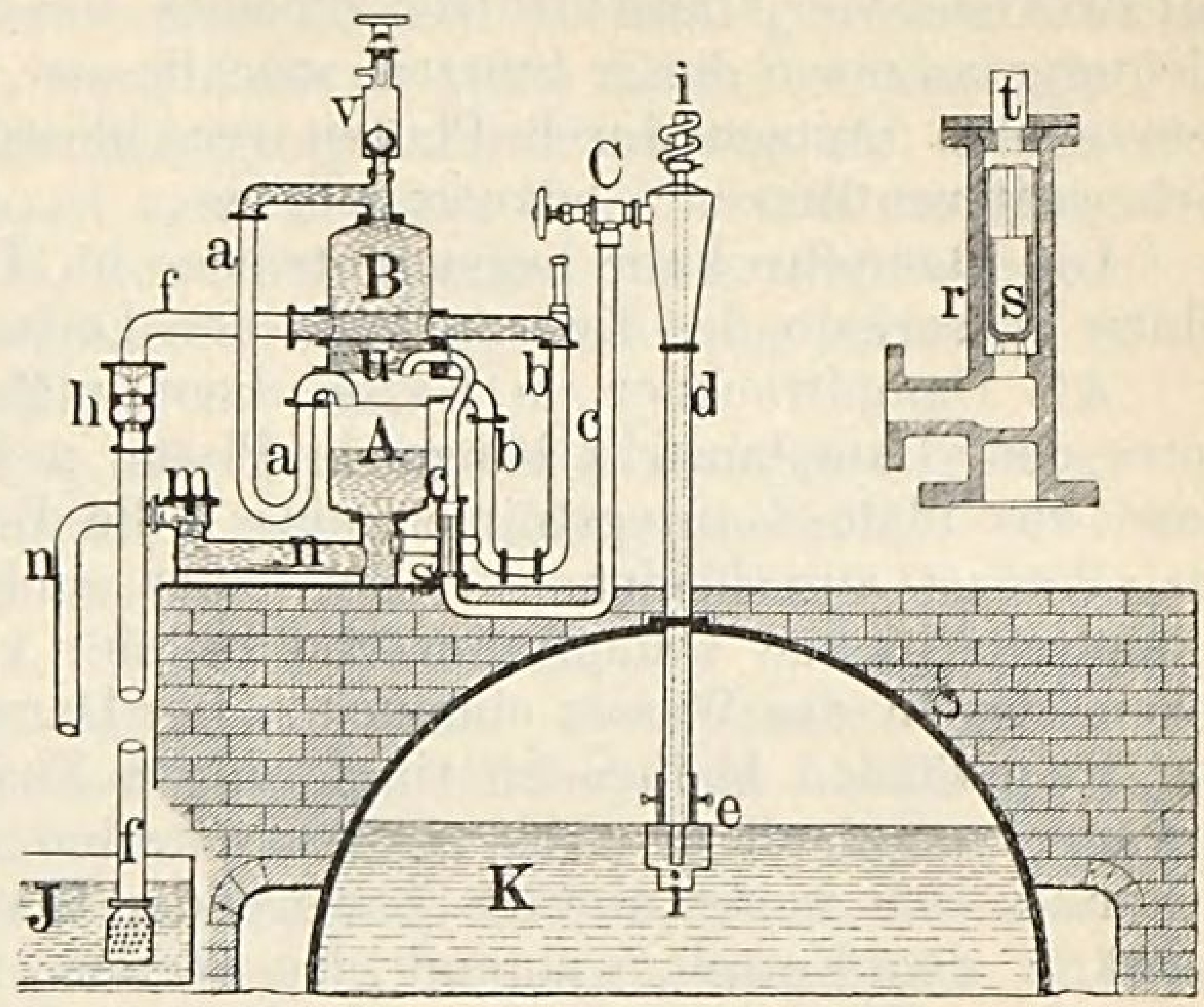


Fig. 350.

Versuche mit diesem Apparate haben ergeben, dass derselbe ansaugt:

	kaltes	Wasser	bis	zu	6 m
40 ° C.	warmes	„	„	„	5 „
60 ° C.	„	„	„	„	3 „
70 ° C.	„	„	„	„	2 „

im letzteren Fall aber nur bei 2 bis 2,5 Atm. Kesseldruck, Wasser von 80 ° C. u. m. muss aus einem 5 und mehr m hoch gelegenen Behälter zugeführt werden.

II. Dampfentnahme; Überhitzer.

Der nicht unerhebliche Vorteil, den bei vielen Betrieben, namentlich bei Dampfmaschinen, der trockene Dampf dem nassen gegenüber aufweist, macht es wünschenswert, den Dampf vor der Entnahme aus dem Kessel von dem beigemischten Wasser zu trennen. (S. 278.) Zu dem Zwecke genügt entweder ein entsprechend grosser Dampfraum (S. 334) oder es dienen dazu besondere Dampftrockner (S. 143.)

In allen Fällen wird der Dampf dem Kessel an einer Stelle entnommen, an welcher der Dampf am trockensten und das Wasser am ruhigsten ist, also z. B. nicht unmittelbar über der Feuerung oder über einmündenden Stutzen. Erachtet man den Dampfraum im Kessel für unzureichend, so vergrössert man denselben durch einen cylindrischen Aufsatz (Dom,

Dampfdom) auf dem Kessel, der zugleich den Nutzen einer hoch gelegenen Entnahmestelle gewährt. Zum Anschluss der Dampfleitung ist der Dom mit zwei oder vier Flanschstutzen versehen, um die Leitung in der gewünschten Richtung an einen dieser Stutzen anschliessen zu können, während die nicht gebrauchten Stutzen durch Platten verschlossen oder zur Anbringung von Sicherheitsventilen etc. benutzt werden.

Die Dampftrockner liegen entweder im Dampfraum des Kessels oder bilden ausserhalb des Kessels Teile der Leitung.

Als Dampftrockner im Kessel dient vielfach eine einfache horizontal unter dem Dampfaustritt hängende Platte, welche, da der Dampf um den Rand der Platte hinwegströmen muss, die Bewegungsrichtung ändert und das Wasser ausscheidet. — Bei einer anderen Anordnung reicht das Dampfrohr in den Dampfraum und ist hier von einem weiteren Rohr umgeben, das in das Wasser eintaucht. Der Dampf strömt nun in den zwischen den Rohrwänden bleibenden ringförmigen Zwischenraum zunächst vertikal abwärts, veranlasst dadurch ein Ausscheiden der vermöge des Beharrungszustandes sich weiter abwärts bewegenden Wasserteilchen und verlässt dann aufwärts den Kessel, während das Wasser in den Wasserraum zurück gelangt. — Wirksamer haben sich die sog. Siebröhren erwiesen. Hierunter versteht man Röhren, die im Dampfraum unter dem Kesselscheitel horizontal aufgehängt und mit zahlreichen Löchern versehen sind, durch welche der Dampf in das Rohrinnere und von hier getrocknet ohne Dom in die Leitung eintritt. Bei einer Anordnung erhalten diese Röhren aus Wellblech (Steinmüller) nur unten Löcherreihen; der Dampf tritt zentrisch in das Rohr und giebt auf dem Wege durch dasselbe das Wasser ab, welches durch die Löcher in den Kessel zurückläuft.

Zum Abscheiden des Wassers aus dem Dampf ausserhalb des Kessels stehen die Dampfabscheider (S. 143) in Verwendung, unter welchen für diesen Zweck der Abscheider Fig. 201 besonders beliebt geworden ist. Derselbe erhält eine solche Aufstellung, dass das ausgeschiedene Wasser aus dem Sammelrohr HH direkt in den Kessel zurückläuft.

Das vollkommenste Trocknen des Dampfes findet durch eine entsprechende Erhitzung in den Ueberhitzern statt, deren Anbringung daher in manchen Fällen wünschenswert ist. Namentlich in verschiedenen chemischen Industrien muss trockener Dampf notwendig durch Ueberhitzen erzeugt werden. In der Regel benutzt man zum Trocknen die in den abziehenden Heizgasen noch vorhandene Wärme, indem man den Dampf durch ein Gefäss strömen lässt, das sich in dem letzten Zuge oder dem Fuchs befindet. Um sowohl dem Dampf als den Heizgasen eine grosse Oberfläche darzubieten, erhält ein solcher Ueberhitzer zweckmässig die Form eines kleinen stehenden oder liegenden Röhrenkessels, der von dem Dampf durchzogen wird, während die Heizgase die Röhren passiren. Vereinzelt führt man auch zu diesem Zwecke den letzten Feuerzug über den Dampfraum des Kessels (Kuhn.) — Da die Ueberhitzer wegen der geringen Wärmeaufnahmefähigkeit des Dampfes nur bei grossen Abmessungen genügend wirksam werden, so ist ihre Anwendung im allgemeinen eine beschränkte.

Die Dampfleitung, welche den Dampf aus dem Kessel dem Orte der Verwendung zuführt, schliesst sich unter Einschaltung eines Abschlussorgans an den Kessel unmittelbar an. Dieses Abschlussorgan dient einerseits zur Regulirung des durchströmenden Dampfes andererseits zur Abstellung des

Dampfes also zur Aufhebung der Verbindung zwischen Kessel und Leitung (Absperren). Unter allen Umständen ist ein solches Organ bei jedem Kessel notwendig, wenn mehrere Dampfkessel zu einer gemeinschaftlichen Leitung gehören, damit man im Stande ist jeden Kessel unabhängig von den anderen zum Zwecke der Reinigung, Ausbesserung etc. abzustellen. Aber auch wenn nur ein Kessel zum Betriebe dient, kann dasselbe nicht fehlen, um zu jeder Zeit z. B. bei einer Beschädigung oder Ausbesserung der Leitung unter voller Dampferzeugung die Trennung zwischen Kessel und Leitung sofort bewerkstelligen zu können

In der Regel benutzt man zu dem in Rede stehenden Zwecke ein Absperrventil von der durch Fig. 223 S. 164 verdeutlichten oder ähnlichen Konstruktion und zwar je nach der Leitungsrichtung als Durchgangs- oder Eckventil. Dasselbe wird in der Weise angebracht, dass der Kesseldampf unter das Ventil tritt. — Mitunter finden auch Schieber, nach Art der Absperrschieber Fig. 163 S. 114 für Dampf eigens konstruirt (Peet), so wie Gitterschieber (Fig. 163 S. 114) Anwendung.

Sehr häufig fordert es der Dampfgebrauch (z. B. in chemischen Fabriken, zum Trocknen, Kochen, Dämpfen etc.), dass der Leitungsdruck erheblich kleiner sein muss, als der Kesseldruck. In solchen Fällen ist es gerathen, ein Druckreduzirventil (Fig. 223 S. 164) als Druckregler einzuschalten. — Desgleichen wird vielfach aus S. 109 erörterten Gründen ein Rückschlagventil angeordnet.

III. Sicherheitsausrüstung; Dampfkesselgesetze.

A. Sicherheitsausrüstung.

Die Sicherheitsausrüstung bildet die Gesamtheit derjenigen Vorrichtungen, welche den Zweck haben, die möglichst grösste Sicherheit im Betriebe der Dampfkessel zu gewährleisten.

Vergegenwärtigt man sich die Aufgabe der Dampferzeuger, den Vorgang, der sich beim Betriebe derselben abspielt, sowie die verschiedenen hierzu notwendigen Arbeiten der Wartung u. s. w., so gelangt man unschwer zu der Ueberzeugung, dass beim Dampfkesselbetriebe störende Einflüsse besonders nahe liegen und um so mehr verhindert werden sollten, als sie zu schweren Unfällen Veranlassung geben können.

Ein regelmässiger also störungsfreier Betrieb hat nicht nur die Bedingung eines tadellosen, den Zwecken entsprechenden Baues des Dampfkessels zur Voraussetzung, sondern bedingt auch die sorgfältigste Leitung des zur Dampferzeugung erforderlichen Vorganges und eine unausgesetzte Prüfung alles dessen, was mit dem Betriebe im Zusammenhang steht. Ist die erste Bedingung gar nicht oder unvollkommen erfüllt oder wird die Wartung und Pflege des Kessels vernachlässigt, so treten Unfälle ein, die in ihrer Natur eine gewisse Aehnlichkeit besitzen, aber in Bezug auf ihre Wirkung sich verschieden äussern, so dass man etwa folgende drei Hauptstufen annehmen kann.

1. Undichtigkeiten. Sind in einem Dampfkessel kleine Oeffnungen vorhanden, durch welche der Kesselinhalt in sehr geringen Mengen z. B. das Wasser in Tropfenform entweicht, so nennt man den Kessel undicht und das Entweichen des Wassers das Lecken, Rinnen oder Schwitzen.

Die Undichtigkeiten entstehen bei neuen oder wenig gebrauchten Kesseln gewöhnlich an den Nieten, Nietfugen, Verschraubungen, Flanschen- und Röhrenverbindungen also an Stellen, wo einzelne Teile zusammen gefügt sind, und zwar namentlich infolge der durch die Wärme hervorgerufenen Bewegung, wodurch sich an den Verbindungsstellen kleine Spalten u. dergl. aufthun, welche unter dem im Kessel herrschenden Drucke das Wasser etc. durchlassen. — Bei Heizröhrenkesseln, in denen die Heizröhren nur durch Einklemmen des konisch verjüngten Endes befestigt werden, kann es vorkommen, dass während des Betriebes der Kessel völlig dicht bleibt, dass aber nach Ausserbetriebsetzung, z. B. während der Nacht, die Röhren sich infolge der Abkühlung lockern und somit Öffnungen verursachen, durch die sich der Kessel unter Umständen entleert.

In vielen Fällen verschwindet das Lecken ohne weiteres Zuthun, indem sich die feinen Durchgänge durch Kesselstein u. dergl. schliessen. Tritt eine solche Selbstdichtung nicht ein, so ist unter allen Umständen auf andere Weise und zwar je nach der Stelle der Undichtigkeiten durch Anziehen der Schrauben oder Niete, durch Verstemmen der Blechränder mit und ohne Zuhilfenahme von Mennigkitt u. s. w. für die Dichtung zu sorgen, damit nicht an den Leckstellen durch unausgesetzte Rostbildung Schwächungen der Kesselwand eintreten oder durch eine stetige Vergrösserung der undichten Stellen erhebliche Wasserverluste und selbst Gefahren entstehen.

2. Schadhafte Stellen. Bilden sich an der Kesselwand oder an sonstigen Teilen des Kessels Öffnungen von solcher Grösse, dass das Wasser sichtbar rasch ausströmt, oder erfolgen durch Abrosten, Verbrennen, Formänderungen u. dergl. Schwächungen, welche den Widerstand über das zulässige Maass vermindern, so bezeichnet man diese Stellen als schadhaft, und damit als in einem Zustande befindlich, der unverzüglich zu beseitigen ist. Die schadhaften Stellen erscheinen vielfach als Risse, die sich bei der Erwärmung öffnen und sich dann zu erkennen geben, wenn sie sichtbar frei liegen, oder unter Beobachtung der nass gewordenen Stellen in den Zügen u. s. w. aufsuchen lassen.

Diejenigen schadhaften Stellen jedoch, welche kein Wasser durchlassen, sondern in der Schwächung einzelner Teile, in Aus- oder Einbeulungen, Verbiegungen u. s. f. vorhanden sind, bedürfen zu ihrer Feststellung einer sorgfältigen örtlichen Untersuchung des Kessels durch Befahren etc. Zur Beseitigung der schadhaften Stellen kommen je nach der Art derselben verschiedene Mittel stets aber nur solche in Anwendung, welche dieselben vollständig beseitigen z. B. Auswechseln ganzer Kesselplatten und Röhren, Aufsetzen von Flecken und Laschen mittels Nieten oder Schrauben (wenn irgend thunlich auf die innere Kesselwand) u. s. w.

3. Explosionen. Als Dampfkesselexplosion bezeichnet man denjenigen Unfall, der entsteht „wenn die Wandung eines Dampfkessels eine Trennung in solchem Umfange erleidet, dass ein plötzliches Ausströmen eines so grossen Teiles seines Inhaltes stattfindet, dass dadurch ein plötzlicher Ausgleich der Spannungen innerhalb und ausserhalb des Kessels erfolgt."

Dieser Erklärung liegt u. a. auch die Thatsache zu Grunde, dass die Entstehung einer Öffnung eine plötzliche Verminderung der Dampfspannung im Kessel und infolgedessen sowie infolge der im Wasser auf-

gespeicherten Wärme eine derart heftige Entwicklung von Dampf eintritt, dass die Kesselwände der stossartigen Wirkung dieser Entwicklung nicht Stand zu halten vermögen, vielmehr zerreissen und oft auf bedeutende Entfernungen fortgeschleudert werden sowie grosse Verheerungen anrichten. Diese in der Wärme aufgespeicherte elementare Gewalt wird bei ihrem plötzlichen Freiwerden um so verheerender auftreten, je grösser sie selbst ist und je weniger Widerstand das Kesselmaterial leistet. Da nun die aufgespeicherte Wärmemenge proportional der im Kessel vorhandenen Wassermenge ist und mit der Temperatur also der Spannung des Dampfes wächst und abnimmt, so folgt hieraus, dass die Explosionsgefahr unter sonst gleichen Umständen bei Kesseln mit grossem Wasserraum grösser sein muss, als bei solchen mit kleinem Inhalt und dass geringe Dampfspannungen weniger Gefahren in sich schliessen als hohe.

Der Widerstand des Kesselmaterials hängt ab von dessen innerer Beschaffenheit, von dessen äusserer Gestalt und von dessen Abmessungen.

Bezüglich der inneren Beschaffenheit kommt hier vor allem der ausserordentlich wichtige und daher maasgebende Umstand in Betracht, dass das Kesselblech in der Wärme an Widerstand verliert so zwar, dass rotwarmes Eisen nur einen kleinen Teil seiner natürlichen Festigkeit besitzt. Infolge dieser Eigenschaft bieten also Stellen des Kessels, welche bis zur Rotglut erhitzt sind, so wenig Widerstand, dass sie die grössten Gefahren in sich schliessen.

In Bezug auf die äussere Gestalt sei hier nur bemerkt, dass die etwa während des Betriebes eintretenden Formänderungen (Einbeulungen der Flammröhren, Knicken der Heiz- oder Wasserröhren, Hin- und Herbewegen durch den Temperaturwechsel u. dergl.) ebenfalls den Widerstand des Materials schwächen und vor allem die Bildung von Rissen und damit die Explosionen wesentlich begünstigen.

Die für die einzelnen Materialien und die einzelnen Kesselteile auf genügende Sicherheit berechneten und zur Anwendung gelangten Grössen, bleiben, soweit wie sie sich auf die Dicke der Kessel- und Röhrenwände beziehen nicht gleich, sondern unterliegen mit der Zeit einer Abnahme, namentlich infolge des Verbrennens unmittelbar über der Flamme, des Abrostens und Abfressens im Innern und Äussern, des Abschlagens des Kesselsteines u. s. w., welche die Sicherheit des Kessels in hohem Grade vermindert.

Entsprechend den aufgezählten, Explosionen herbeiführenden oder fördernden Umständen ergeben sich sowohl in Bezug auf den Bau als auf die Auswahl, die Wartung und den Betrieb der Dampferzeuger eine Reihe nützlicher Erwägungen und damit im Zusammenhange stehender Bestrebungen.

Zunächst ist einleuchtend, dass man bestrebt war, die Widerstandsfähigkeit der Kessel nach Möglichkeit zu erhöhen. Um hierbei einerseits den grossen Nutzen hoher Dampfspannungen nicht aufgeben zu müssen und andererseits durch bedeutende Wandstärken die Dampfbildung nicht zu beeinträchtigen, also thunlichst dünne Durchgangswände zu erhalten, ging man zu kleinen Durchmessern derjenigen Kesselteile über, welche als Heizflächen dienen (Röhren).

Des weiteren lag es nahe, die Gefährlichkeit der Kessel durch Anordnung kleiner Wasserräume zu vermindern. Durch Verbindung dieser beiden

Konstruktionsgrundlagen gelangte man zu denjenigen Röhrenkesseln, welche den Namen Sicherheitskessel führen und auch bis zu einem gewissen Grade verdienen.

Bei der Auswahl eines Kessels für einen bestimmten Betrieb ist neben der Rücksicht auf den Ort der Aufstellung, die Art des Betriebes, auf die Brennstoffe u. dergl. vor allem auch die Grösse des Kessels in Betracht zu ziehen, um nicht zu einer Überanstrengung desselben genötigt zu werden, wenn der Betrieb grössere Ansprüche an die Leistungsfähigkeit des Kessels stellen sollte.

Unter der Voraussetzung einer zweckentsprechenden Anlage bezüglich der Konstruktion, Ausführung und Wahl des Kessels, ist die Art des Betriebes von der überwiegendsten Bedeutung für die Verhütung von Explosionen, wie man sofort einsieht, wenn man sich die eigentlichen Ursachen derselben vergegenwärtigt. Als solche müssen erfahrungsgemäss hauptsächlich folgende gelten:

a. Wassermangel. Sinkt das Wasser infolge der Dampfabscheidung oder aus anderen Gründen (Lecken, Abblasen etc.) so tief, dass solche Kesselteile von Wasser entblösst werden, die den Flammen derart ausgesetzt sind, dass sie ins Glühen gerathen können, so entsteht die Gefahr der Explosion sowohl durch die grosse Nachgiebigkeit des etwa glühend gewordenen Metalles, indem sich dieses ausbaucht und dann zerplatzt, oder durch eine ausserordentlich rasche und sehr ausgiebige Dampfbildung, durch welche der Kessel zerrissen wird.

b. Örtliche Blechschwächung. Dieselbe entsteht 1) durch Verrosten der Bleche beim Leckwerden, bei aufsteigendem Grundwasser in der Einmauerung, bei nasser Decke, bei langem Stilliegen etc., 2) durch Verbrennen d. h. durch ununterbrochene Bildung von Eisenoxyd, das abfällt und immer neue Metallflächen den oxydirenden Stoffen aussetzt; 3) durch Wegfressen d. h. durch Auflösung des Metalles in Säuren oder Salzlösungen z. B. der schwefligen Säure, die sich in den Verbrennungsprodukten vorfinden, der Fettsäuren, welche oft ins Kesselwasser gelangen, verschiedener Salze, welche zur Verhütung des Kesselsteines verwendet werden u. s. w. Die infolge dieser Vorgänge zu dünn gewordenen Wände zerreissen oft z. B. bei einem Stoss plötzlich und führen dadurch zu Explosionen. — Naturgemäss stellen sich derartige Schwächungen vorwiegend bei alten Kesseln mit abgenutztem Material ein.

c. Mangelhafte Konstruktion. Hier veranlassen in der Regel mangelhafte Vernietung, ungenügende Befestigung einzelner Teile z. B. der Röhren, der Stutzen, unzweckmässige Wahl, Grösse und Form einzelner Teile, unzureichende Stützung und Steifung die Explosionen.

d. Kesselstein. Indem der Kesselstein als schlechter Wärmeleiter an den Heizflächen die Wärme in der Kesselwand u. s. w. aufspeichert und damit die letztere ins Glühen bringt, können Explosionen in derselben Weise erfolgen wie beim Wassermangel.

e. Zu hohe Dampfspannung. Dieselbe wird insbesondere dann gefährlich, wenn bereits Schwächungen, Risse u. dergl. der Kesselwände etc. vorhanden sind oder wenn gleichzeitig Stösse oder Erschütterungen auf den Kessel einwirken, z. B. wenn nach längerer Abstellung des Dampfes die Dampfleitung sehr schnell geöffnet oder die Speisevorrichtung nicht behutsam in Thätigkeit gesetzt wird.

f. *Fahrlässige Wartung.* Aus Unkenntnis des Betriebes oder auch Nachlässigkeit werden mitunter diejenigen Maassnahmen ausser Acht gelassen, welche zur Sicherstellung des Betriebes gehören: Aufmerksame Wartung des Feuers, Regelung des Rauchschiebers, Instandhaltung der Pumpen, Ventile u. s. w. und deren Vernachlässigung Explosionen nach sich ziehen kann.

g. *Gasexplosionen.* Sehr vereinzelt sind Fälle vorgekommen, in welchen Explosionen von Kesseln dadurch hervorgerufen wurden, dass in den Feuerzügen Gasgemische zur Explosion gelangten.

h. *Sekundäre Explosionen*, Explosionen von Nachbarkesseln.

Nach Erhebungen im deutschen Reiche fanden während der 14 Jahre 1877 bis einschliesslich 1890 im ganzen 214 Dampfkesselexplosionen statt, deren mutmassliche Ursachen sich wie folgt verteilen:

In 63 Fällen Wassermangel,
,, 50 ,, örtliche Blechschwächung,
,, 24 ,, schlechtes, abgenutztes Material und Altersschwäche,
,, 32 ,, mangelhafte Konstruktion,
,, 10 ,, Kesselstein,
,, 24 ,, zu hohe Dampfspannung,
,, 7 ,, mangelhafte Wartung,
,, 2 ,, sekundäre Explosionen,
,, 1 Fall Gasexplosion,
,, 1 ,, bleibt die Ursache unbekannt.

Diese Erhebungen lassen zwar zunächst erkennen, dass Wassermangel am häufigsten die Ursache der Explosionen bildet und daher am gefährlichsten für den Kessel ist, allein sie liefern auch den Nachweis, *dass die Explosionen überhaupt in der weitaus grössten Anzahl von Fällen einer mangelhaften Wartung und Beaufsichtigung zugeschrieben werden müssen*, woraus ohne weiteres die ausserordentlich grosse Wichtigkeit aller Maassnahmen hervorgeht, welche dazu bestimmt sind, die Wartung und Beaufsichtigung der Dampfkessel zu lernen, zu regeln, zu erleichtern und zu überwachen. —

Die Thätigkeit, welche durch die Bedienung und Beaufsichtigung der Dampfkessel bedingt ist, zerfällt in zwei Gruppen, indem es sich einerseits darum handelt während des Betriebes den Wasserstand durch Speisung des Kessels zu sichern, die Dampfspannung durch angemessene Unterhaltung des Feuers auf der vorgeschriebenen Höhe zu halten, sowie auf alles aufmerksam zu achten, was überhaupt mit diesem Betriebe zusammenhängt, und als andererseits die Aufgabe vorliegt in Betriebspausen den Kessel von Kesselstein, Schlamm, Russ, Asche u. dergl. gründlich zu reinigen, sowie auf seinen Zustand und seine Beschaffenheit zu untersuchen und entdeckte Mängel (Undichtigkeiten, Schwächungen, Beulen etc.) sofort zu beseitigen. Ein dritter Teil der Thätigkeit besteht sodann in der Prüfung und Ueberwachung der Sicherheitsvorrichtungen sowie in dem unverzüglichen Ergreifen von Vorsichtsmaassregeln, im Fall eine Gefahr droht.

Eine weitgehende Unterstützung erhält nun diese ebenso umfangreiche als verantwortungsvolle Thätigkeit durch die *Sicherheitsmaassnahmen* für Dampfkessel, deren Einzelheiten teils durch Gesetze vorgeschrieben, teils aus praktischen Bedürfnissen hervorgegangen sind, und unter welchen die

Sicherheitsarmatur eine hervorragende Stelle einnimmt. Der Hauptsache nach besteht dieselbe aus Vorrichtungen:

a) zum Erkennen des Wasserstandes überhaupt (Wasserstandsgläser, Schwimmer, Probierhahne etc. S. 130 u. f) und des niedrigsten Standes insbesondere (Wasserstandsmarke);

b) zum Erkennen der Dampfspannung (Manometer S. 152 u. f.);

c) zum Melden gefahrdrohender Zustände und zum Beseitigen derselben (Sicherheitsventil S. 107, Speiserufer, Schmelzpfropfen S. 138).

Ausserdem sind Einrichtungen zu treffen, welche sowohl eine äussere als innere Untersuchung und Reinigung gestatten (Mannlöcher S. 120), sowie das Entleeren oder Abblasen (Abblaseventil, Luftventil S. 106) ohne Gefahr vornehmen lassen, unter gleichzeitiger Anbringung von Rückschlagventilen (S. 109), wenn mehrere Dampfkessel eine gemeinschaftliche Dampfleitung besitzen.

Je weniger kesselsteinbildende Stoffe im Speisewasser enthalten sind, je geringer sind die Gefahren, welche der Kesselstein in sich trägt, und je leichter und in desto grösseren Zeiträumen lässt sich dessen Entfernung aus den Kesseln bewerkstelligen. Aus dem Grunde ist auf die Beschaffenheit des Speisewassers ein besonderes Gewicht zu legen und wenn irgend thunlich eine vorhergehende Beseitigung der Kesselsteinbildner anzuordnen. (S. 282).

B. Dampfkesselgesetze.

Die im deutschen Reiche geltenden gesetzlichen Bestimmungen bezüglich der Dampfkessel zerfallen in zwei Gruppen insofern als sie Reichsgesetze bilden oder Vorschriften sind, welche von den einzelnen Bundesstaaten oder von den deutschen Berufsgenossenschaften erlassen werden und Gesetzeskraft besitzen.

1. Deutsches Reichsgesetz.

Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln. Vom 5. August 1890.

Auf Grund der Bestimmung im § 24 der Gewerbeordnung hat der Bundesrath nachstehende

Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln

erlassen.

I. Bau der Dampfkessel.

§ 1. — Kesselwandungen. — Die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkessel, der Feuerröhren und der Siederöhren dürfen nicht aus Gusseisen hergestellt werden, sofern deren lichte Weite bei cylindrischer Gestalt fünfundzwanzig Centimeter, bei Kugelgestalt dreissig Centimeter übersteigt

Die Verwendung von Messingblech ist nur für Feuerröhren, deren lichte Weite zehn Centimeter nicht übersteigt, gestattet.

§ 2. — Feuerzüge. — Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstand von mindestens zehn Centimeter unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen. Dieser Minimalabstand muss für Kessel auf Fluss- und Landseeschiffen bei einem Neigungswinkel der Schiffsbreite gegen die Horizontalebene von vier Grad, für Kessel auf Seeschiffen bei einem Neigungswinkel von acht Grad noch gewahrt sein.

Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Sideröhren von weniger als zehn Centimeter Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Teiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die vom Wasser bespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampf bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzug mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzug mindestens vierzigmal so gross ist, als die Fläche des Feuerrostes.

II. Ausrüstung der Dampfkessel.

§ 3. — Speisung. — An jedem Dampfkessel muss ein Speiseventil angebracht sein, welches bei Abstellung der Speisevorrichtung durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird.

§ 4. Jeder Dampfkessel muss mit zwei zuverlässigen Vorrichtungen zur Speisung versehen sein, welche nicht von derselben Betriebsvorrichtung abhängig sind, und von denen jede für sich im Stande ist, dem Kessel die zur Speisung erforderliche Wassermenge zuzuführen. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Dampfkessel werden hierbei als ein Kessel angesehen.

§ 5. — Wasserstandszeiger. — Jeder Dampfkessel muss mit einem Wasserstandsglase und mit einer zweiten geeigneten Vorrichtung zur Erkennung seines Wasserstandes versehen sein. Jede dieser Vorrichtungen muss eine gesonderte Verbindung mit dem Innern des Kessels haben, es sei denn, dass die gemeinschaftliche Verbindung durch ein Rohr von mindestens sechzig Quadratcentimeter lichtem Querschnitte hergestellt ist.

§ 6. Werden Probirhähne zur Anwendung gebracht, so ist der unterste derselben in der Ebene des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes anzubringen. Alle Probirhähne müssen so eingerichtet sein, dass man behufs Entfernung von Kesselstein in gerader Richtung hindurchstossen kann.

§ 7. — Wasserstandsmarke. — Der für den Dampfkessel festgesetzte niedrigste Wasserstand ist an dem Wasserstandsglase, sowie an der Kesselwandung oder dem Kesselmauerwerke durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen.

An der Aussenwand jedes Dampfschiffskessels ist die Lage der höchsten Feuerzüge nach der Richtung der Schiffsbreite in leicht erkennbarer, dauerhafter Weise kenntlich zu machen; ferner sind an derselben zwei Wasserstandsgläser in einer zur Längenrichtung des Schiffes normalen Ebene, in gleicher Höhe, symmetrisch zur Kesselmitte und möglichst weit von ihr nach rechts und links abstehend anzubringen. Durch das hierdurch bei Dampfschiffskesseln geforderte zweite Wasserstandsglas wird die im § 5 angeordnete zweite Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes nicht entbehrlich gemacht.

§ 8. — Sicherheitsventil. — Jeder Dampfkessel muss mit wenigstens einem zuverlässigen Sicherheitsventil versehen sein.

Wenn mehrere Kessel einen gemeinsamen Dampfsammler haben, von welchem sie nicht einzeln abgesperrt werden können, so genügen für dieselben zwei Sicherheitsventile.

Dampfschiffs-, Lokomobil- und Lokomotivkessel müssen immer mindestens zwei Sicherheitsventile haben. Bei Dampfschiffskesseln, mit Ausschluss derjenigen auf Seeschiffen, ist dem einen Ventil eine solche Stellung zu geben, dass die vorgeschriebene Belastung vom Verdeck aus mit Leichtigkeit untersucht werden kann.

Die Sicherheitsventile müssen jederzeit gelüftet werden können. Sie sind höchstens so zu belasten, dass sie bei Eintritt der für den Kessel festgesetzten Dampfspannung den Dampf entweichen lassen.

§ 9. — Manometer. — An jedem Dampfkessel muss ein zuverlässiges Manometer angebracht sein, an welchem die festgesetzte höchste Dampfspannung durch eine in die Augen fallende Marke zu bezeichnen ist.

An Dampfschiffskesseln müssen zwei dergleichen Manometer angebracht werden, von denen sich das eine im Gesichtskreise des Kesselwärters, das andere mit Ausnahme der Seeschiffe auf dem Verdeck an einer für die Beobachtung bequemen Stelle befindet. Sind auf einem Dampfschiffe mehrere Kessel vorhanden, deren Dampfräume mit einander in Verbindung stehen, so genügt es, wenn ausser den an den einzelnen Kesseln befindlichen Manometern auf dem Verdeck ein Manometer angebracht ist.

§ 10. — Fabrikschild. — An jedem Dampfkessel muss die festgesetzte höchste Dampfspannung, der Name des Fabrikanten, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung, bei Dampfschiffskesseln ausserdem die Maassziffer des festgesetzten niedrigsten Wasserstandes auf eine leicht erkennbare und dauerhafte Weise angegeben sein.

Diese Angaben sind auf einem metallenen Schilde (Fabrikschild) anzubringen, welches mit Kupfernieten so am Kessel befestigt ist, dass es auch nach der Ummantelung oder Einmauerung des letzteren sichtbar bleibt.

III. Prüfung der Dampfkessel.

§. 11. — Druckprobe. — Jeder neu aufzustellende Dampfkessel muss nach seiner letzten Zusammensetzung vor der Einmauerung oder Ummantelung unter Verschluss sämmtlicher Oeffnungen mit Wasserdruck geprüft werden.

Die Prüfung erfolgt bei Dampfkesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Ueberdrucks, bei allen übrigen Dampfkesseln mit einem Drucke, welcher den beabsichtigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt. Unter Atmosphärendruck wird ein Druck von einem Kilogramm auf das Quadratcentimeter verstanden.

Die Kesselwandungen müssen dem Probedrucke widerstehen, ohne eine bleibende Veränderung ihrer Form zu zeigen und ohne undicht zu werden. Sie sind für undicht zu erachten, wenn das Wasser bei dem höchsten Drucke in anderer Form als der von Nebel oder feinen Perlen durch die Fugen dringt.

Nachdem die Prüfung mit befriedigendem Erfolge stattgefunden hat, sind von dem Beamten oder staatlich ermächtigten Sachverständigen, welcher

dieselbe vorgenommen hat, die Niete, mit welchen das Fabrikschild am Kessel befestigt ist (§ 10), mit einem Stempel zu versehen. Dieser ist in der über die Prüfung aufzunehmenden Verhandlung (Prüfungszeugniss) zum Abdrucke zu bringen.

§ 12. Wenn Dampfkessel eine Ausbesserung in der Kesselfabrik erfahren haben, oder wenn sie behufs der Ausbesserung an der Betriebsstätte ganz blos gelegt worden sind, so müssen sie in gleicher Weise, wie neu aufzustellende Kessel, der Prüfung mittelst Wasserdrucks unterworfen werden.

Wenn bei Kesseln mit innerem Feuerrohr ein solches Rohr und bei den nach Art der Lokomotivkessel gebauten Kesseln die Feuerbüchse behufs Ausbesserung oder Erneuerung herausgenommen, oder wenn bei cylindrischen und Siederkesseln eine oder mehrere Platten neu eingezogen werden, so ist nach der Ausbesserung oder Erneuerung ebenfalls die Prüfung mittelst Wasserdrucks vorzunehmen. Der völligen Bloslegung des Kessels bedarf es hier nicht.

§ 13. — Prüfungsmanometer. — Der bei der Prüfung ausgeübte Druck darf nur durch ein genügend hohes offenes Quecksilbermanometer oder durch das von dem prüfenden Beamten geführte amtliche Manometer festgestellt werden.

An jedem Dampfkessel muss sich eine Einrichtung befinden, welche dem prüfenden Beamten die Anbringung des amtlichen Manometers gestattet.

IV. Aufstellung der Dampfkessel.

§ 14. — Aufstellungsort. — Dampfkessel, welche für mehr als sechs Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, und solche, bei welchen das Produkt aus der feuerberührten Fläche in Quadratmetern und der Dampfspannung in Atmosphären Ueberdruck mehr als dreissig beträgt, dürfen unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, nicht aufgestellt werden. Innerhalb solcher Räume ist ihre Aufstellung unzulässig, wenn dieselben überwölbt oder mit fester Balkendecke versehen sind.

An jedem Dampfkessel, welcher unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, aufgestellt wird, muss die Feuerung so eingerichtet sein, dass die Einwirkung des Feuers auf den Kessel sofort gehemmt werden kann.

Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als zehn Centimeter Weite bestehen, und solche, welche in Bergwerken unterirdisch oder in Schiffen aufgestellt werden, unterliegen diesen Bestimmungen nicht.

§ 15. — Kesselmauerung. — Zwischen dem Mauerwerke, welches den Feuerraum und die Feuerzüge feststehender Dampfkessel einschliesst und den dasselbe umgebenden Wänden muss ein Zwischenraum von mindestens acht Centimeter verbleiben, welcher oben abgedeckt und an den Enden verschlossen werden darf.

V. Bewegliche Dampfkessel (Lokomobilen).

§ 16. Bei jedem Dampfentwickler, welcher als beweglicher Dampfkessel (Lokomobile) zum Betriebe an wechselnden Betriebsstätten benutzt werden soll, müssen sich befinden:

1. Eine Ausfertigung der Urkunde über seine Genehmigung, welche die Angaben des Fabrikschildes (§ 10) enthält und mit einer

Beschreibung und maassstäblichen Zeichnung, dem Prüfungszeugniss (§ 11 Absatz 4), der im § 24 Absatz 3 der Gewerbeordnung vorgeschriebenen Bescheinigung und einem Vermerk über die zulässige Belastung der Sicherheitsventile verbunden ist.

2. Ein Revisionsbuch, welches die Angaben des Fabrikschildes (§ 10) enthält. Die Bescheinigungen über die Vornahme der im § 12 vorgeschriebenen Prüfungen und der periodischen Untersuchungen müssen in das Revisionsbuch eingetragen oder demselben beigefügt sein.

Die Genehmigungsurkunde und das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Kessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

§ 17. Als bewegliche Dampfkessel dürfen nur solche Dampfentwickler betrieben werden, zu deren Aufstellung und Inbetriebnahme die Herstellung von Mauerwerk, welches den Kessel umgiebt, nicht erforderlich ist.

§ 18. Die Bestimmungen der §§ 16 und 17 treten ausser Anwendung, wenn ein beweglicher Dampfkessel an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt wird.

VI. Dampfschiffskessel.

§ 19. Die Bestimmungen des § 16 finden auf jeden mit einem Schiffe dauernd verbundenen Dampfkessel (Dampfschiffskessel) mit der Maassgabe Anwendung, dass die vorgeschriebene maasstäbliche Zeichnung sich auch auf den Schiffsteil, an welchem der Kessel eingebaut oder aufgestellt ist, zu erstrecken hat.

VII. Allgemeine Bestimmungen.

§ 20. Wenn Dampfkesselanlagen, die sich zur Zeit bereits im Betriebe befinden, den vorstehenden Bestimmungen aber nicht entsprechen, eine Veränderung der Betriebsstätte erfahren sollen, so kann bei deren Genehmigung eine Abänderung in dem Bau der Kessel nach Maassgabe der §§ 1 und 2 nicht gefordert werden. Im Uebrigen finden die vorstehenden Bestimmungen auch für solche Fälle Anwendung, jedoch mit der Maassgabe, dass für Lokomobilen und Dampfschiffskessel den Vorschriften in den §§ 10, 11, 16 bis zum 1. Januar 1892 zu entsprechen ist.

§ 21. Die Zentralbehörden der einzelnen Bundesstaaten sind befugt, in einzelnen Fällen von der Beachtung der vorstehenden Bestimmungen zu entbinden.

§ 22. Die vorstehenden Bestimmungen finden keine Anwendung:

1. auf Kochgefässe, in welchen mittelst Dampfes, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, gekocht wird;
2. auf Dampfüberhitzer oder Behälter, in welchen Dampf, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird;
3. auf Kochkessel, in welchen Dampf und Wasser durch Einwirkung von Feuer erzeugt wird, wofern dieselben mit der Atmosphäre durch ein unverschliessbares, in den Wasserraum hinabreichendes Standrohr von nicht über 5 *m* Höhe und mindestens 8 *cm* Weite oder durch eine andere von der Zentralbehörde des Bundesstaates genehmigte Sicherheitsvorrichtung verbunden sind.

§ 23. In Bezug auf die Kessel in Eisenbahnlokomotiven bleiben die Bestimmungen des Bahnpolizei-Reglements für die Eisenbahnen Deutschlands in der Fassung vom 30. November 1885 und der Bahnordnung für deutsche Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung vom 12. Juni 1878 in Geltung.

§ 24. Die Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln, vom 29. Mai 1871 (Reichs-Gesetzbl. S. 122) und die diese Bekanntmachung abändernden Bekanntmachungen vom 18. Juli 1883 (Reichs-Gesetzbl. S. 245) und vom 27. Juli 1889 (Reichs-Gesetzbl. S. 173) werden aufgehoben.

Berlin, den 5. August 1890.

Der Reichskanzler.

2. Anweisung, betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel im Königreich Preussen.

Für die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel im Königreich Preussen hat der Minister für Handel und Gewerbe unter dem 16. März 1892 folgende Verordnung erlassen:

I. Allgemeine Bestimmungen.

§ 1. Der gegenwärtigen Anweisung unterliegen Dampfkessel aller Art (fest-stehende — bewegliche Dampfkessel, Dampfschiffkessel), auch wenn sie nicht zum Maschinenbetriebe, noch zu gewerbsmässiger Verwendung bestimmt sind.

Die im § 22 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln (Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. August 1890 — R. G. Bl. S. 163) bezeichneten Dampfvorrichtungen gelten nicht als Dampfkessel im Sinne dieser Anweisung.

Die gegenwärtige Anweisung findet auf die Lokomotiven derjenigen Eisenbahnen, welche den Bestimmungen des Gesetzes vom 3. November 1838 (G. S. S. 505) unterliegen, keine Anwendung. Für die Genehmigung zur Inbetriebnahme und für die regelmässigen Untersuchungen von Lokomotiven dieser Gattung sind ausschliesslich die Bestimmungen des vom Bundesrathe erlassenen Bahnpolizeireglements für die Eisenbahnen Deutschlands vom 30. November 1885 und der Bahnordnung für deutsche Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung vom 12. Juni 1878 maassgebend.

Dagegen sind die Lokomotiven, die sich im Besitze von Unternehmern gewerblicher Anlagen befinden, auch wenn diese Anlagen Anschluss an eine dem öffentlichen Verkehr dienende Eisenbahn haben, ferner die Lokomotiven der Unternehmer von Erdarbeiten, von Dampfstrassenbahnen, Lokalbahnen, Zahnradbahnen u. s. w. dieser Anweisung unterworfen. Lokomotiven dieser Art werden den beweglichen Dampfkesseln gleichgeachtet.

§ 2. Die Ausführung der auf Grund der nachstehenden Vorschriften vorzunehmenden Prüfungen, Druckproben und Untersuchungen der Dampfkessel erfolgt:

1. Bei Dampfkesseln auf den staatlichen Bergwerken, Aufbereitungsanstalten, Salinen und Hütten durch die Leiter dieser Werke, deren Stell-

vertreter oder besonders bestellte Prüfungsbeamte, bei den Dampfkesseln auf Privat-Bergwerken, Aufbereitungsanstalten und Salinen, auf welche die Vorschriften des allgemeinen Berggesetzes vom 24. Juni 1865 Anwendung finden, sowie bei Dampfkesseln auf den der Aufsicht der Bergbehörden unterstellten, nicht unter das allgemeine Berggesetz fallenden unterirdischen Betrieben durch die Bergrevierbeamten.

2. Bei den Kesseln der Staatseisenbahnen durch die zuständigen technischen Beamten der Staatseisenbahnverwaltung, bei den Privateisenbahnen durch die von dem Königlichen Eisenbahn-Kommissariat damit beauftragten Sachverständigen.

3. Bei den Dampfkesseln der Strombauverwaltung und den im Betriebe der Bauverwaltung benutzten Kesseln derjenigen Königlichen Regierungen, bei denen besondere für das Fach vorgebildete Beamte — Bau-Inspektoren, Maschinen-Inspektoren oder Obermaschinenmeister — angestellt sind, durch diese Beamten.

4. Im Übrigen durch die Königlichen Gewerbe-Inspektoren und deren Assistenten.

In denjenigen Regierungsbezirken, in denen Gewerbe-Inspektionen noch nicht gebildet sind, verbleibt die amtliche Prüfung der Dampfkessel den zur Zeit des Erlasses dieser Anweisung damit beauftragten Kreisbaubeamten oder den dazu berufenen besonderen Sachverständigen bis zur Errichtung von Gewerbe-Inspektionen.

§ 3. Vereinen von Dampfkesselbesitzern, welche eine regelmässige und sorgfältige Ueberwachung der Kessel vornehmen lassen, kann durch den Minister für Handel und Gewerbe die Vergünstigung erteilt werden, dass die Kessel der Mitglieder von den amtlichen Prüfungen u. s. w. (§ 2) befreit sind.

Die vorgeschriebenen Prüfungen, Druckproben und Untersuchungen werden alsdann von den Ingenieuren der Kesselüberwachungsvereine nach Maassgabe der ihnen von dem Minister für Handel und Gewerbe verliehenen Berechtigungen ausgeführt.

Die Erteilung der im Absatz 1 gedachten Vergünstigung an die Vereine und die Verleihung der im Absatz 2 erwähnten Berechtigungen an die Vereins-Ingenieure ist jeder Zeit widerruflich.

Die Erteilung der Vergünstigung an die Vereine und die Entziehung derselben durch Widerruf ist in den Amtsblättern der beteiligten Regierungen öffentlich bekannt zu machen.

§ 4. Die in § 3 bezeichneten Vereine haben den Königlichen Regierungs-Präsidenten — in Berlin dem Königlichen Polizeipräsidenten — und den Oberbergämtern, für deren Bezirk sie zugelassen sind, nach Ablauf jedes Jahres einzureichen:

1. ein Verzeichnis der dem Vereine angehörenden Kesselbesitzer unter Angabe der Zahl der von ihnen in dem Bezirke betriebenen Kessel,
2. eine Uebersicht der im Laufe des Jahres in dem Bezirke ausgeführten Prüfungen, Wasserdruckproben und Untersuchungen und ihres Ergebnisses.

Die Vereine haben ferner von jeder Aufnahme und von jedem Ausscheiden eines Kessels dem zur Untersuchung desselben zuständigen staatlichen Beamten unverzüglich Nachricht zu geben.

Endlich haben sie regelmässige Jahresberichte an den Minister für Handel und Gewerbe zu erstatten.

§ 5. Eine gleiche Vergünstigung, wie nach § 3 Abs. 1 den Dampfkessel-Ueberwachungsvereinen, kann ausnahmsweise auch einzelnen Dampfkesselbesitzern, sowie den Privateisenbahnen, welche für eine sachgemässe Ausführung der Prüfungen und Druckproben und für eine regelmässige Ueberwachung ihrer Dampfkessel entsprechende Einrichtungen getroffen haben, zu Teil werden.

Dieselben haben alsdann den im § 4 Abs. 1 bezeichneten Behörden nach Ablauf jedes Jahres die Anzahl der von ihnen betriebenen Dampfkessel anzuzeigen und die unter Ziffer 2 daselbst vorgeschriebene Uebersicht einzureichen.

§ 6. Die durch die zuständige Behörde eines anderen Bundesstaates erteilten gewerbepolizeilichen Genehmigungen für bewegliche Dampfkessel und Dampfschiffkessel, ferner die von einem hierzu ermächtigten Beamten oder Sachverständigen eines anderen Bundesstaates ausgestellten Bescheinigungen über die Bauart und die Abnahmeprüfung von Dampfkesseln, über die auf Grund des § 11 und des § 12 Abs. 1 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890 ausgeführten Druckproben, endlich über die Vornahme regelmässiger Untersuchungen werden in Preussen anerkannt.

II. Anlegung der Dampfkessel.

§ 7. Zur Anlegung von Dampfkesseln bedarf es einer gewerbepolizeilichen Genehmigung, welche bei feststehenden Dampfkesseln für eine bestimmte Betriebsstätte, bei Dampfschiffkesseln für ein bestimmtes Schiff, bei beweglichen Dampfkesseln ohne Beziehung zu einer Betriebsstätte erteilt wird.

§ 8. Einer erneuten Genehmigung bedürfen:

1. Dampfkessel, welche wesentliche Aenderungen in ihrer Bauart erfahren;
2. Dampfkessel, welche wieder in Betrieb genommen werden sollen, nachdem die früher erteilte Genehmigung wegen unterlassenen Betriebes nach § 49 der Gewerbeordnung erloschen ist;
3. feststehende Dampfkessel, welche wesentlichen Aenderungen in der Lage oder Beschaffenheit der Betriebsstätte unterworfen werden sollen;
4. Dampfschiffskessel, welche ausserhalb des Schiffes, auf das die Genehmigung lautet, — sei es in Verbindung mit einem anderen Schiffe, sei es auf dem Festlande — in Betrieb genommen werden sollen;
5. bewegliche Dampfkessel, welche an einem Betriebsorte zu dauernder Benutzung aufgestellt werden sollen.

Endlich bedarf es einer erneuten Genehmigung des Kessels, wenn eine Erhöhung der in der Genehmigungsurkunde festgesetzten höchsten zulässigen Dampfspannung oder eine Aenderung der in der Genehmigungsurkunde aufgeführten Bedingungen stattfinden soll.

§ 9. Ueber die nach §§ 7 und 8 vorgeschriebenen Genehmigungen beschliesst hinsichtlich der zum Betriebe auf Bergwerken, Aufbereitungsanstalten und Salinen bestimmten Dampfkessel das Oberbergamt, im Uebrigen der Kreisausschuss (in den hohenzollernschen Landen der Amtsausschuss), in Stadt-

kreisen der Stadtausschuss, in den einem Landkreise angehörigen Städten mit mehr als 10000 Einwohnern der Magistrat (kollegialische Gemeindevorstand).

Die örtliche Zuständigkeit bestimmt sich:

1. bei den feststehenden Dampfkesseln nach dem Ort der Errichtung;
2. bei beweglichen Dampfkesseln nach dem Wohnsitz des Antragstellers;
3. bei Dampfschiffskesseln nach dem Heimatshafen des Schiffes, in Ermangelung eines solchen nach dem Wohnsitz des Schiffseigners.

§ 10. Anträge auf Erteilung der in den §§ 7 und 8 gedachten Genehmigungen sind als schleunige Angelegenheiten zu behandeln.

Der Antrag ist bei dem Vorsitzenden der zur Beschlussfassung zuständigen Behörde, hinsichtlich der der Beschlussfassung des Ober-Bergamts unterliegenden Kesselanlagen jedoch bei dem zuständigen Revierbeamten anzubringen.

Aus dem Gesuche muss der vollständige Name, der Stand und der Wohnort des Unternehmers ersichtlich sein. Demselben sind in je zwei Ausfertigungen beizufügen:

1. Eine Beschreibung, aus welcher die Angaben des Fabrikschildes (§ 10 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen vom 5. August 1890), die Abmessungen des Kessels, die Stärke und Gattung der Wandungen, die Art der Zusammensetzung, die Abmessungen der Ventile und deren Belastung, die Einrichtung der Speisevorrichtung, des Speiseventils und der Feuerung, endlich, wenn der Kessel zum Betriebe von Dampfmaschinen dient, die Art und Kraft der Maschinen zu entnehmen sind.

2. Eine maasstäbliche Zeichnung, aus welcher die Grösse der vom Feuer berührten Fläche zu berechnen ist und die Höhe des niedrigsten zulässigen Wasserstandes über den Feuerzügen und die etwa vorhandenen Verankerungen und Versteifungen zu ersehen sind; bei Dampfschiffskesseln hat sich die maasstäbliche Zeichnung auch auf den Schiffsteil, an welchem der Kessel eingebaut oder aufgestellt ist, zu erstrecken.

Wenn die Anlegung eines feststehenden Kessels beabsichtigt wird, so sind ferner in je zwei Ausfertigungen einzureichen:

3. Ein Lageplan, welcher die an den Ort der Aufstellung des Kessels stossenden Grundstücke zu umfassen hat.

4. Ein Bauriss, aus dem der Standort der Maschine und des Kessels, der Standort und die Höhe des Schornsteins, sowie die Lage der Feuer- und Rauchröhren gegen die benachbarten Grundstücke deutlich zu erkennen sind.

Für die erforderlichen Zeichnungen ist ein auf ihnen einzutragender Maasstab zu wählen, welcher eine deutliche Anschauung gewährt. — Beschreibungen und Zeichnungen sind von dem Verfertiger und dem Unternehmer unter Angabe des Datums zu unterschreiben.

§ 11. Die Behörden, bei welchen der Antrag eingereicht wird, prüfen, ob gegen die Vollständigkeit der Vorlage etwas zu erinnern ist. Die eine Ausfertigung wird zu diesem Behufe dem zuständigen Kesselprüfer (§§ 2 und 3) vorgelegt, welcher die erfolgte Prüfung auf den Vorlagen zu bescheinigen hat. Erscheint es mit Rücksicht auf die Natur der beabsichtigten Anlage erforderlich, dem Lageplane eine weitere Ausdehnung zu geben oder finden sich andere Mängel, so ist der Unternehmer auf kürzestem Wege zur Ergänzung zu veranlassen.

In denjenigen Städten, in denen die Baupolizei einer Königlichen Behörde zusteht, ist bei feststehenden Dampfkesseln das für vollständig befundene, von dem Kesselprüfer begutachtete Genehmigungsgesuch vor der Beschlussfassung dieser Behörde zur Prüfung zu übersenden. Diese Bestimmung findet auf die für Bergwerke, Aufbereitungsanstalten und Salinen bestimmten Kessel keine Anwendung.

§ 12. Die Beschlussfassung über das Genehmigungsgesuch erfolgt durch das Kollegium der Beschlussbehörde. Die Zulässigkeit der Anlage ist nach den bestehenden bau-, feuer- und gesundheitspolizeilichen Vorschriften sowie nach den allgemeinen polizeilichen Bestimmungen des Bundesraths über die Anlegung von Dampfkesseln, (Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. August 1890, R. G. Bl. S. 163 ff.) zu prüfen.

Wird die Genehmigung nach dem Antrage des Unternehmers ohne Bedingungen oder unter Bedingungen mit denen er sich ausdrücklich einverstanden erklärt hat, erteilt, so bedarf es eines besonderen Bescheides nicht, sondern die Behörde fertigt alsbald die Genehmigungsurkunde (§ 15) aus. Wird die Genehmigung versagt oder unter Bedingungen erteilt, mit denen sich der Unternehmer nicht ausdrücklich einverstanden erklärt hat, so erlässt die Beschlussbehörde einen schriftlichen, mit Gründen versehenen Bescheid an denselben.

Der Unternehmer kann innerhalb vierzehn Tagen nach Zustellung des Bescheides entweder Beschwerde an den Minister für Handel und Gewerbe einlegen oder auf mündliche Verhandlung der Sache durch die Beschlussbehörde antragen. Der in letzterem Fall ergehende Bescheid kann innerhalb zweier Wochen nach der Zustellung durch Beschwerde an den Minister für Handel und Gewerbe angefochten werden.

§ 13. In Fällen, welche keinen Aufschub zulassen oder klar liegen, ist der Vorsitzende des Kreis- (Amts-Stadt-) Ausschusses befugt, Namens dieser Behörde über das Genehmigungsgesuch zu entscheiden. Der § 12 Abs. 2 findet dabei entsprechende Anwendung.

Wird schriftlicher Bescheid erteilt, so ist dem Unternehmer darin zu eröffnen, dass ihm gegen den Bescheid innerhalb zweier Wochen von der Zustellung an der Antrag auf Beschlussfassung durch das Kollegium (§ 12) zustehe.

Für die Berechnung der in diesem und dem vorigen Paragraphen vorgeschriebenen Fristen sind die Vorschriften der Zivilprozessordnung maassgebend.

§ 14. Auf die Einlegung der Beschwerde (§ 12 Abs. 3) und das weitere Verfahren findet der § 122 des Gesetzes über die allgemeine Landesverwaltung vom 30. Juli 1883 Anwendung. In besonderen Fällen kann zur Begründung der Beschwerde eine Nachfrist bewilligt werden.

Der auf die Beschwerde ergehende Bescheid wird der Beschlussbehörde erster Instanz zugefertigt, welche ihn in Ausfertigung dem Unternehmer mitteilt.

§ 15. Bei Erteilung der Genehmigung zur Anlegung eines Dampfkessels kann von der genehmigenden Behörde eine Frist gesetzt werden, binnen welcher die Anlage bei Vermeidung des Erlöschens der Genehmigung in Betrieb gesetzt werden muss. Ist eine solche Frist nicht bestimmt, so erlischt die erteilte Genehmigung, wenn der Unternehmer nach Empfang der Genehmigungs-

urkunde (§ 16) ein Jahr verstreichen lässt, ohne den Kessel in Betrieb zu nehmen.

Eine Verlängerung der Frist kann von der Behörde bewilligt werden, wenn erhebliche Gründe nicht entgegenstehen.

§ 16. Für die Ausstellung der Genehmigungsurkunde ist der anliegende Vordruck A zu benutzen.

In denjenigen Fällen, in denen nach §§ 12 und 13 dem Unternehmer schriftlicher Bescheid zu erteilen ist, erfolgt die Ausfertigung der Genehmigungsurkunde durch die Beschlussbehörde erster Instanz nach Abschluss des Verfahrens.

In der Urkunde sind alle Bedingungen, unter welchen die Kesselanlage genehmigt worden ist, aufzuführen. Die zugehörigen Beschreibungen, Zeichnungen und Pläne sind mit ihr durch Schnur und Siegel zu verbinden.

Eine Ausfertigung der Genehmigungsurkunde ist dem Unternehmer, eine zweite der zuständigen Ortspolizeibehörde zu übersenden, an deren Stelle bei den den Bergbehörden unterstellten Dampfkesseln der Bergrevierbeamte tritt.

§ 17. Die Genehmigung kann für mehrere bewegliche Kessel von übereinstimmender Bauart, Ausrüstung und Grösse, welche in einer Fabrik im Laufe eines Kalenderjahres hergestellt werden, gemeinsam im Voraus beantragt und durch eine Urkunde erteilt werden.

Für jeden auf Grund dieser Genehmigungsurkunde hergestellten beweglichen Kessel ist eine mit der Fabriknummer zu versehende, durch den zuständigen Kesselprüfer zu beglaubigende Abschrift der Genehmigungsurkunde und ihrer Zubehörungen anzufertigen. Dieselbe gilt als Genehmigungsurkunde für den Kessel, dessen Fabriknummer sie trägt.

§ 18. Den Gesuchen um erneute Genehmigung bereits anderweit im Betriebe gewesener alter Kessel (§ 8) ist ein vollständiger Nachweis über den Erbauer des Kessels, über die früheren Betriebsstätten desselben, über die Zeit, während welcher der Kessel überhaupt schon betrieben worden ist, und über die Gründe beizufügen, welche dazu geführt haben, den Kessel ausser Betrieb zu setzen.

Vor der Entscheidung über den Genehmigungsantrag ist eine innere Untersuchung des Kessels mit genauer Ermittlung der Beschaffenheit des verwendeten Baustoffes und der in den einzelnen Kesselteilen vorhandenen Blechstärken (durch Anbohren u. dergl.) vorzunehmen. Auf Grund dieser Ermittlungen wird, falls darnach die Genehmigung überhaupt erteilt werden kann, die höchste zulässige Dampfspannung festgesetzt.

Bei denjenigen alt angekauften Dampfkesseln, deren frühere Dampfspannung und Herkunft nicht nachgewiesen werden kann, darf die Wiedergenehmigung nur ausnahmsweise auf Grund einer nach obiger Anleitung besonders sorgfältig ausgeführten Untersuchung der gesamten Beschaffenheit des Kessels und überdies nur dann erfolgen, wenn der Antragsteller selbst die Aufstellung und Benutzung des Kessels beabsichtigt.

Vorstehende Bestimmungen finden auch auf solche Kessel Anwendung, welche aus Teilen alter Kessel unter Hinzufügung neuen Baustoffes hergestellt sind.

§ 19. Ist ein Dampfkessel während eines Zeitraums von drei Jahren ausser Betrieb gesetzt, ohne dass Fristung nachgesucht und bewilligt worden ist,

so erlischt die für denselben erteilte Genehmigung. Das Verfahren für die Fristung ist dasselbe wie für die Genehmigung zur Anlegung von Dampfkesseln.

III. Inbetriebsetzung der Dampfkessel.

§ 20. Dampfkessel sind, bevor sie in Betrieb gesetzt werden dürfen, durch die zuständigen Kesselprüfer (§§ 2 und 3) einer Prüfung der Bauart (Konstructionsprüfung), einer Wasserdruckprobe und einer Abnahmeprüfung zu unterwerfen.

§ 21. Die Prüfung der Bauart hat die Untersuchung des Kessels in Beziehung auf Zusammensetzung, Baustoff und Ausführung zum Gegenstande.

§ 22. Die Wasserdruckprobe bezweckt die Prüfung der Widerstandsfähigkeit und Dichtigkeit des Kessels. Sie erfolgt bei Dampfkesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als fünf Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem zweifachen Betrage des beabsichtigten Ueberdruckes, bei allen übrigen Dampfkesseln mit einem Drucke, welcher den beabsichtigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt.

Unter Atmosphärendruck wird ein Druck von einem Kilogramm auf das Quadratzentimeter verstanden.

Für die Ausführnng der Druckprobe muss der Kessel vollkommen mit Wasser gefüllt sein; in seinem höchsten Punkte muss eine Oeffnung angebracht sein, durch welche beim Füllen die atmosphärische Luft entweichen kann. Die Kesselwandungen müssen dem Probedrucke widerstehen, ohne eine bleibende Veränderung ihrer Form zu zeigen und ohne das Wasser bei dem höchsten Drucke in anderer Form als der von Nebel oder feinen Perlen durch die Fugen dringen zu lassen.

§ 23. Die Wasserdruckprobe, welche womöglich mit der Prüfung der Bauart zu verbinden ist, erfolgt nach der Zusammensetzung, jedoch vor der Einmauerung oder Ummantelung des Kessels. Sie kann vor der Genehmigung der Kesselanlage (in der Kesselfabrik) ausgeführt werden.

Dampfkessel, welche der Druckprobe am Verfertigungsorte unterworfen und demnächst im Ganzen nach ihrem Aufstellungsorte geschafft worden sind, unterliegen einer weiteren Druckprobe vor ihrer Einmauerung oder Ummantelung nur dann, wenn sie durch die Versendung oder aus anderer Veranlassung Beschädigungen erlitten haben, welche die Wiederholung der Druckprobe geboten erscheinen lassen. Dabei macht es keinen Unterschied, ob der Verfertigungsort in Preussen oder in einem anderen Bundesstaate belegen ist (vergl. § 6).

§ 24. Nach Ausführung der Druckprobe hat der Kesselprüfer, vorausgesetzt dass dieselbe zur Beanstandung des Kessels keinen Anlass gegeben hat — die Kupferniete, mit welchen das Fabrikschild (§ 10 der poliz. Best. vom 5. August 1890) an dem Kessel befestigt ist, mit seinem Stempel zu versehen. Dieser ist in dem Prüfungszeugnisse abzudrucken.

§ 25. Die Abnahmeprüfung hat festzustellen, ob die Ausführung der Kesselanlage den Bestimmungen der erteilten Genehmigung entspricht. Sie ist bei Kesseln, die eingemauert oder ummantelt werden, nach der Einmauerung oder Ummantelung vorzunehmen.

Bei Dampfschiffskesseln erfolgt die Abnahmeprüfung in dem Heimatshafen des Schiffes oder in dem ersten deutschen Anlaufshafen oder an dem

Ort, an welchem der Kessel in das Schiff eingebaut oder mit demselben verbunden worden ist. Bei Schiffskesseln, welche in einem der Bundesstaaten genehmigt worden sind und in Preussen zur Abnahmeprüfung gestellt werden, hat die Untersuchung sich auch darauf zu erstrecken, ob denjenigen Genehmigungsbedingungen, welche nach Maassgabe der in jenem Bundesstaate über die Anlegung von Dampfschiffskesseln geltenden besonderen polizeilichen Bestimmungen vorgeschrieben wurden, entsprochen worden ist.

§ 26. Auf Grund der durch den Kesselprüfer ordnungsmässig bescheinigten (§ 27) Abnahmeprüfung darf der Kessel ohne weiteres in Betrieb gesetzt werden.

Bewegliche Kessel, deren Inbetriebnahme in einem Bundesstaate genehmigt worden ist, können — vorbehaltlich der Bestimmungen über die regelmässigen Untersuchungen (Abschnitt V) — in jedem anderen Bundesstaate ohne nochmalige vorgängige Genehmigung in Betrieb gesetzt werden. Dasselbe gilt für Dampfschiffskessel, wenn sie sich auf Schiffen befinden, welche Gewässer verschiedener Bundesstaaten befahren.

Bevor ein beweglicher Kessel in dem Bezirk einer Ortspolizeibehörde in Betrieb genommen wird, ist der letzteren von dem Betriebsunternehmer oder dessen Stellvertreter unter Angabe der Stelle, an welcher der Betrieb stattfinden soll, Anzeige zu erstatten.

Ist der Kessel für die der Aufsicht der Bergbehörden unterstellten Betriebe bestimmt, so ist die Anzeige den im § 2, 1 bezeichneten Beamten zu erstatten.

§ 27. Die Kesselprüfer haben über die von ihnen ausgeführten Prüfungen der Bauart, Druckproben und Abnahmeprüfungen schriftliche Bescheinigungen auszustellen und binnen drei Tagen dem Kesselbesitzer auszuhändigen. Sie haben sich zu diesem Behufe der anliegenden Vordrucke B, C, F und G zu bedienen, der Vordrucke B und F jedoch nur in dem Fall, dass die Wasserdruckprobe nicht in Verbindung mit der Prüfung der Bauart bewirkt worden ist. Die Bescheinigungen sind mit der Genehmigungsurkunde (§ 16) zu verbinden.

Abschrift der Bescheinigung über die Abnahmeprüfung ist der Ortspolizeibehörde oder der an ihre Stelle tretenden Bergbehörde mitzuteilen.

Derjenige Kesselprüfer, welcher die Abnahmebescheinigung ausstellt, hat gleichzeitig das Titelblatt für das zu dem Kessel gehörige Revisionsbuch, unter Benutzung des anliegenden Formulars D, auszufertigen. Als Einlagebogen des Revisionsbuchs ist der Vordruck E zu verwenden. Dem neuen Revisionsbuch ist das bisherige Kesselbuch vorzuheften.

Revisionsbücher für bewegliche Dampfkessel und Dampfschiffskessel, welche in einem anderen Bundesstaate ausgefertigt sind, werden in Preussen zur Weiterbenutzung zugelassen, auch wenn die Einlagebogen dem Vordruck E nicht entsprechen.

Die Genehmigungsurkunde nebst Anlagen und das Revisionsbuch sind an der Betriebsstätte des Kessels aufzubewahren und jedem zur Aufsicht zuständigen Beamten oder Sachverständigen auf Verlangen vorzulegen.

Für Kessel, welche der Wasserdruckprobe (§ 22) in einem anderen Bundesstaate unterworfen worden sind, ist der Nachweis einer Prüfung der Bauart (§ 21) nicht zu fordern.

IV. Prüfung nach einer Hauptausbesserung.

§ 28. Dampfkessel, welche eine Ausbesserung in der Kesselfabrik erfahren haben oder zur Ausbesserung an der Betriebsstätte ganz bloss gelegt worden sind, müssen vor der Wiederinbetriebsetzung einer Prüfung mittelst Wasserdrucks unterworfen werden.

Einer gleichen Prüfung bedarf es, wenn bei Kesseln mit innerem Feuerrohr ein solches Rohr und bei den nach Art der Lokomotivkessel gebauten Kesseln die Feuerbüchse behufs Ausbesserung oder Erneuerung herausgenommen oder wenn bei cylindrischen und Siederkesseln eine oder mehrere Platten neu eingezogen werden.

Die Ausführung der Druckprobe erfolgt nach den Vorschriften der §§ 22 und 23 mit der Maassgabe, dass in den Fällen des Absatz 2 dieses Paragraphen die völlige Blosslegung des Kessels nicht erforderlich ist.

Ueber die Druckprobe ist unter Benutzung des Vordrucks B eine Bescheinigung auszustellen, die mit der Genehmigungs-Urkunde des Kessels zu verbinden ist. In der Bescheinigung ist anzugeben, worin die ausgeführte Ausbesserung bestanden hat, und von wem sie bewirkt worden ist.

Eine Stempelung der das Fabrikschild mit dem Kessel verbindenden Niete findet bei Druckproben nach Hauptausbesserungen nicht statt.

V. Regelmässige technische Untersuchungen.

§ 29. Jeder zum Betriebe aufgestellte Dampfkessel, er mag unausgesetzt oder nur in bestimmten Zeitabschnitten oder unter gewissen Voraussetzungen (z. B. Reservekessel) betrieben werden, ist von Zeit zu Zeit einer technischen Untersuchung zu unterziehen.

Dieser Vorschrift unterliegen Dampfkessel dann nicht mehr, wenn ihre Genehmigung durch dreijährigen Nichtgebrauch (§ 19) oder durch ausdrücklichen, der Polizeibehörde erklärten Verzicht erloschen ist.

Von dem Erlöschen von Kesselgenehmigungen, sowie von der etwaigen Wiedereröffnung des Betriebes ist den Kesselprüfern durch die Ortspolizeibehörden, bei Bergwerken, Aufbereitungsanstalten und Salinen durch den zuständigen Bergrevierbeamten alsbald Kenntnis zu geben.

Eine Entbindung von den wiederkehrenden Untersuchungen kann nur durch Verfügung des Ministers für Handel und Gewerbe erfolgen.

§ 30. Die technische Untersuchung bezweckt die Prüfung

1. der fortdauernden Uebereinstimmung der Kesselanlage mit den bestehenden gesetzlichen und polizeilichen Vorschriften und mit dem Inhalt der Genehmigungsurkunde;
2. ihres betriebsfähigen Zustandes;
3. ihrer sachgemässen Wartung, insbesondere der bestimmungsmässigen Benutzung der vorgeschriebenen Sicherheitsvorrichtungen.

§ 31. Die Untersuchung erfolgt, soweit nicht der Kesselbesitzer den im § 3 bezeichneten Vereinen angehört, durch den staatlichen Prüfungsbeamten (§ 2), in dessen Amtsbezirk die Kesselanlage sich befindet.

Bewegliche Kessel gehören zu demjenigen Bezirk, in welchem ihr Besitzer oder dessen Vertreter wohnt, Dampfschiffskessel zu demjenigen, in welchem die Schiffe überwintern oder, falls dies ausserhalb Landes geschieht, zu demjenigen, in welchem ihr Hauptanlegeplatz sich befindet.

Bewegliche Dampfkessel, welche auf Bergwerken, Aufbereitungsanstalten oder Salinen und anderen zugehörigen Anlagen verwendet werden, unterliegen während der Dauer dieser Verwendung der wiederkehrenden Untersuchung durch den nach § 2, 1 zuständigen Beamten.

§ 32. Die amtliche Untersuchung der Dampfkessel ist eine äussere oder eine innere oder eine Prüfung durch Wasserdruck.

Die regelmässige äussere Untersuchung findet bei feststehenden Dampfkesseln alle zwei Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln alle Jahre statt.

Die regelmässige innere Untersuchung ist bei feststehenden Kesseln alle vier Jahre, bei beweglichen alle drei Jahre und bei Schiffsdampfkesseln alle zwei Jahre vorzunehmen.

Die regelmässige Wasserdruckprobe findet bei feststehenden Kesseln mindestens alle acht Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln mindestens alle sechs Jahre statt und ist mit der in demselben Jahre fälligen inneren Untersuchung möglichst zu verbinden.

Die innere Untersuchung kann nach Ermessen des Prüfers durch eine Wasserdruckprobe ergänzt werden. Sie ist stets durch eine Wasserdruckprobe zu ergänzen oder zu ersetzen bei Kesselkörpern, welche ihrer Bauart halber nicht genügend besichtigt werden können.

In denjenigen Jahren, in denen eine innere Untersuchung oder eine Wasserdruckprobe vorgenommen wird, kommt die fällige regelmässige äussere Untersuchung in Fortfall.

Alle Prüfungsfristen laufen vom Tage der technisch-polizeilichen Abnahme bezw. der letzten gleichartigen Untersuchung ab. Ihre Ueberschreitung um mehr als zwei Monate ist nur ausnahmsweise und nicht über einen Zeitraum von sechs Monaten zulässig und ist in dem Jahresbericht des Kesselprüfers (§ 4 und 39) zu begründen.

Wenn ein ganzes Fabrikunternehmen oder eine einzelne selbständige Abteilung eines grösseren Werkes längere Zeit vollständig ausser Betrieb gesetzt war, so ist die Zeit des Stillstandes bei Berechnung der Prüfungsfristen bis zur Dauer von zwei Jahren ausser Ansatz zu bringen. Von derartigen Unterbrechungen des Betriebes und von der Wiedereröffnung derselben hat der Betriebsunternehmer dem Kesselprüfer und der Ortspolizeibehörde Anzeige zu erstatten. Für den Bereich der Bergverwaltung ist in denjenigen Fällen, in denen der die Ortspolizei handhabende Revierbeamte gleichzeitig Kesselprüfer ist, eine Anzeige ausreichend. Nach einer Betriebsunterbrechung von mehr als zweijähriger Dauer darf der Betrieb erst nach Vornahme einer inneren, mit Wasserdruckprobe verbundenen amtlichen Untersuchung wieder eröffnet werden.

Bei Bemessung der Fristen werden Untersuchungen, welche in einem andern Bundesstaate von den daselbst zuständigen Sachverständigen vorgenommen worden sind, den in Preussen vorgenommenen gleich geachtet.

§ 33. Die äussere Untersuchung besteht vornehmlich in einer Prüfung der ganzen Betriebsweise des Kessels; eine Unterbrechung des Betriebes darf dabei nur verlangt werden, wenn Anzeichen gefahrbringender Mängel, deren Vorhandensein und Umfang nicht anders festgestellt werden kann, sich ergeben haben.

Die Untersuchung ist zu richten:

auf die Ausführung und den Zustand der Speisevorrichtungen, der Wasserstandsvorrichtungen, der Sicherheitsventile und etwaiger anderer Sicherheitsvorrichtungen, der Feuerungsanlage und der Mittel zur Regelung und Absperrung des Zutrittes der Luft und zur thunlichst schnellen Beseitigung des Feuers,

auf alle ohne Unterbrechung oder Schädigung des Betriebes zugänglichen Kesselteile, namentlich die Feuerplatten,

auf die Anordnung und den Zustand der Abblasevorrichtungen, die Vorkehrungen zur Reinigung des Kessel-Innern oder des Speisewassers und der Feuerzüge, sowie

auf alle etwa noch zum Betriebe des Kessels gehörigen Einrichtungen.

Die Betriebseinrichtungen sind in der Regel durch Ingangsetzen zu prüfen.

Ebenso ist bei der äusseren Untersuchung zu prüfen, ob der Kesselwärter die zur Sicherheit des Betriebes erforderlichen Vorrichtungen anzuwenden und die im Augenblicke der Gefahr notwendigen Maassnahmen zu ergreifen versteht, und ob er mit der sachgemässen Behandlung der Feuerung und aller Betriebseinrichtungen vertraut ist.

§ 34. Die innere Untersuchung bezweckt die Prüfung der Beschaffenheit des Kesselkörpers, welcher dabei soweit wie nötig von innen und aussen genau zu besichtigen ist.

Zu ihrer Ausführung ist der Betrieb des Kessels einzustellen. Auch ist die Einmauerung oder Ummantelung soweit wie nötig zu entfernen, wenn die Untersuchung sich nicht zur Genüge durch Befahrung der Züge oder auf andere Weise bewirken lässt. Ferner kann in besonderen Fällen gefordert werden, dass Feuerröhren, die nach der bei Lokomotiven gebräuchlichen Art eingesetzt sind, herausgenommen werden.

Wo zwei oder mehrere Dampfkessel mit einer gemeinsamen Dampf- oder Speise- oder Wasserablass-Rohrleitung verbunden sind, ist der der inneren Untersuchung zu unterwerfende Dampfkessel zum Schutze der untersuchenden Personen von jeder der gemeinsamen Rohrleitungen in augenfälliger und wirksamer Weise durch geeignete Einrichtungen zu trennen.

Die innere Untersuchung ist vornehmlich zu richten:

auf die Beschaffenheit der Kesselwandungen, Nieten, Anker, Heiz- und Rauchröhren, wobei zu ermitteln ist, ob die Widerstandsfähigkeit dieser Teile durch den Gebrauch gefährdet ist,

auf das Vorhandensein und die Natur des Kesselsteins, seine genügende Beseitigung und die Mittel dazu,

auf den Zustand der Wasserzuleitungsröhren und der Reinigungsöffnungen,

auf den Zustand der Speise- und Dampfventile,

auf den Zustand der Verbindungsröhren zwischen Kessel und Manometer bezw. Wasserstandszeiger, sowie der übrigen Sicherheitsvorrichtungen,

auf den Zustand der ganzen Feuerungs-Einrichtung sowie der Feuerzüge ausserhalb wie innerhalb des Kessels.

§ 35. Die Wasserdruckprobe bezweckt die Prüfung der Widerstandsfähigkeit und Dichtigkeit des Kessels. Sie erfolgt bei Kesseln, welche für eine Dampfspannung von nicht mehr als zehn Atmosphären Ueberdruck bestimmt sind, mit dem anderthalbfachen Betrage des genehmigten Ueberdruckes, im Uebrigen mit einem Drucke, welcher den genehmigten Ueberdruck um fünf Atmosphären übersteigt.

Die Bestimmungen in Absatz 2 und 3 des § 22 finden entsprechende Anwendung.

Bei der Probe ist, soweit dies vom Prüfer verlangt wird, die Ummauerung oder Ummantelung des Kessels zu beseitigen. Mit der Wasserdruckprobe ist eine Prüfung der Sicherheitsventile auf die Richtigkeit ihrer Belastung zu verbinden.

§ 36. Werden bei einer Untersuchung erhebliche Unregelmässigkeiten in dem Betriebe ermittelt, oder erscheint die Beobachtung eines zur Zeit noch unbedenklichen Schadens geboten, so kann nach dem Ermessen des Kesselprüfers in kürzerer Frist, als im § 32 festgesetzt ist, eine ausserordentliche Untersuchung vorgenommen werden.

Hat eine Untersuchung Mängel ergeben, welche Gefahr herbeiführen können und wird diesen nicht sofort abgeholfen, so muss nach Ablauf der zur Herstellung des vorschriftsmässigen Zustandes festzusetzenden Frist die Untersuchung von neuem vorgenommen werden.

Ergiebt sich bei der Untersuchung des Kessels ein Zustand, welcher eine unmittelbare Gefahr einschliesst, so ist die Fortsetzung des Betriebes bis zur Beseitigung der Gefahr zu untersagen und der Polizeibehörde des Ortes, an welchem sich der Kessel befindet, unverzüglich Anzeige zu erstatten. Diese hat darüber zu wachen, dass der Kessel nicht wieder in Betrieb gesetzt wird, bis durch eine nochmalige Untersuchung der vorschriftsmässige Zustand der Anlage festgestellt ist.

Bei Dampfkesseln, die einer Königl. Behörde oder einer solchen Eisenbahnverwaltung gehören, welche den Bestimmungen des Gesetzes vom 3. November 1838 unterliegen, tritt an die Stelle der Ortspolizeibehörde der die Aufsicht über den Kesselbetrieb führende Beamte bezw. die zuständige staatliche Aufsichtsbehörde, bei den den Bergbehörden unterstellten Dampfkesseln der zuständige Bergrevierbeamte. Diese Behörden können, sobald sie nicht am Betriebsorte oder in dessen unmittelbarer Nähe ihren Sitz haben, die Polizeibehörde des Ortes zur Ueberwachung der angeordneten Ausserbetriebsetzung eines Dampfkessels unter Mitteilung des Sachverhalts hinzuziehen.

§ 37. Die äussere Untersuchung erfolgt ohne vorherige Benachrichtung des Kesselbesitzers.

Von einer bevorstehenden inneren Untersuchung oder Wasserdruckprobe ist der Besitzer mindestens vier Wochen vorher zu unterrichten.

Der Zeitpunkt für diese letztere Untersuchung ist nach Anhörung des Besitzers so zu wählen, dass der Betrieb der Anlage so wenig wie möglich beeinträchtigt wird.

Zu dem Ende ist namentlich bei Anlagen, deren Betrieb nur zu gewisser Zeit im Jahre unterbrochen werden kann, diese zu wählen. Bewegliche Dampfkessel sind von den Besitzern oder deren Vertretern nach

ergangener Aufforderung durch den Kesselprüfer an einem beliebigen Orte innerhalb dessen Amtsbezirks für die Untersuchung bereit zu stellen.

Bewegliche Kessel auf Bergwerken, Aufbereitungsanstalten oder Salinen, staatlichen Hütten und unter Leitung der Bergbehörden betriebenen Steinbrüchen sind von den in § 2, 1 genannten Beamten auf der Betriebsstelle zu untersuchen.

Durch die Untersuchung der Dampfschiffskessel dürfen die Fahrten der Schiffe nicht gestört werden; die innere Untersuchung und Wasserdruckprobe von Dampfschiffskesseln ist vor dem Beginn der Fahrten des betreffenden Jahres zu bewirken.

Falls ein Kesselbesitzer der Anforderung des zur Untersuchung berufenen Beamten den Kessel für die innere Untersuchung oder Wasserdruckprobe bereitzustellen nicht entspricht, so ist der Betrieb des Kessels bis auf weiteres polizeilich zu untersagen.

Die zur Ausführung der Untersuchung erforderlichen Arbeitskräfte und Vorrichtungen hat der Besitzer des Kessels dem Beamten unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

§ 38. Der Befund der Untersuchungen ist in das Revisionsbuch einzutragen.

Zur Abstellung der bei den Untersuchungen vorgefundenen Mängel und Unregelmässigkeiten kann der untersuchende Beamte unter Mitteilung einer Abschrift des Vermerkes über das Ergebnis der Untersuchung die Unterstützung der Polizeibehörde des Ortes, an welchem sich der Kessel befindet, in Anspruch nehmen.

Der § 36 Absatz 4 findet entsprechende Anwendung.

§ 39. Bis zum 1. März jedes Jahres hat der Prüfungsbeamte dem Regierungs-Präsidenten des Bezirks, in Berlin dem Polizeipräsidenten einen Jahresbericht über die von ihm auf Grund dieser Anweisung geübte Thätigkeit zu erstatten. Diesem Berichte sind beizufügen:

1. eine Nachweisung der im Laufe des verflossenen Jahres ausgeführten wiederkehrenden technischen Untersuchungen (Abschn. V), für welche der anliegende Vordruck H zu benutzen ist,
2. eine Uebersicht über die sonst von ihm bewirkten Prüfungen und Druckproben (Abschn. III und IV, ferner § 18),
3. eine Nachweisung, aus welcher sich ergiebt
 a) inwieweit der Zugang von Dampfkesseln auf Neuanlegung solcher oder auf dem Uebergange von Dampfkesseln aus der Vereinsaufsicht zur staatlichen Aufsicht beruht;
 b) inwieweit der Abgang von Dampfkesseln auf Ausserbetriebsetzung und Verlegung nach anderen Bezirken oder auf dem Uebergange aus der staatlichen in die Vereinsaufsicht beruht.

Auf die Dampfkessel der Eisenbahnen sowie der Staatsbauverwaltung und auf die den Bergbehörden unterstellten Dampfkessel findet diese Vorschrift keine Anwendung.

3. Verordnungen.

Im Anschluss an das Reichsgesetz sind in den Einzelstaaten Verordnungen als Betriebsregeln für Dampfkesselwärter aufgestellt, von denen hier diejenigen des Königreichs Bayern vom 1. Juli 1892 folgen.

Betriebs-Regeln für Dampfkesselwärter.

1. Das Kesselhaus ist stets sauber, in bester Ordnung und frei zu halten von allem, was nicht hineingehört. Der Kesselwärter hat dafür zu sorgen, dass Unbefugte nicht in das Kesselhaus eintreten und dortselbst verweilen.

2. Während des Betriebes und so lange Feuer auf dem Roste ist, darf der Kessel niemals ohne Aufsicht gelassen werden. Das Decken des Feuers über Nacht ist verboten.

3. Sämmtliche Ausrüstungsteile des Kessels sind rein und gangbar zu erhalten und bei jedem Kaltlegen sorgfältig nachzusehen. Insbesondere sind die Wasserstands-, Manometer- und Speise-Röhren innen gründlich zu reinigen.

4. Der Wasserstand ist stets auf möglichst gleicher Höhe zu halten und darf niemals unter die gesetzliche Wasserstandsmarke herabsinken.

5. Die Wasserstandszeiger, als Gläser, Probirhähne und Schwimmer sind täglich mehrmals zu probiren und stets gangbar zu erhalten. Jede Verstopfung in denselben ist sofort zu beseitigen; andernfalls das Feuer gelöscht und der Kessel kalt gelegt werden muss. Das Feststellen der Hähne ist strenge verboten.

6. Vor dem Anheizen (Feuermachen) muss der Wasserstand kontrolirt, d. h. die Hähne geöffnet werden, wenn das Wasser im Glase auch über der Marke steht. Steht das Wasser tiefer wie 2 Centimeter unter der Marke, so darf unter keinen Umständen geheizt werden.

7. Die Speisevorrichtungen sind abwechselnd zu benutzen, um ihrer steten Gangbarkeit sicher zu sein. Gerathen dieselben in Unordnung, so ist das Feuer zu löschen und der Betrieb des Kessels einzustellen.

8. Das selbstthätige Speiseventil (Druckventil) am Kessel darf nie geöffnet werden, wenn nicht der vor dem Ventil sitzende Hahn oder das Absperrventil geschlossen ist. Das Öffnen muss immer vorsichtig geschehen.

9. Der Dampfdruck darf nie ein höherer werden, als die gesetzliche Marke am Manometer anzeigt.

10. Das Manometer ist stets zu beobachten, ob es noch regelmässig geht, insbesondere, ob sein Zeiger noch auf den Nullpunkt zurückgeht, andernfalls sofortige Reparatur nöthig ist.

11. Die Sicherheitsventile sind täglich vorsichtig zu lüften und stets in ordnungsmässigem Zustande zu erhalten. Jede Ueberlastung derselben ist strengstens verboten.

12. Ventile und Hähne sind stets langsam zu öffnen und vorsichtig zu schliessen.

13. Steigt der Dampf zu hoch, so ist das Feuer zu dämpfen, der Zug zu beschränken, der Kessel zu speisen und nachzusehen, ob die Sicherheitsventile in Ordnung sind, damit der überschüssige Dampf entweichen kann.

14. Schäumt das Wasser, so speise man den Kessel mit frischem Wasser, blase das überflüssige Wasser vorsichtig ab und dämpfe das Feuer, bis sich das Wasser beruhigt hat.

15 Fällt das Wasser rasch unter die Wasserstandsmarke, oder ist es durch Nachlässigkeit so tief gesunken, dass sein Stand nicht mehr mit Sicherheit erkannt werden kann, so darf unter keinen Umständen gespeist

werden. Vielmehr sind sofort das Feuer zu löschen, der Kaminschieber zu öffnen, die Dampfventile zu schliessen und der Vorgesetzte zu benachrichtigen. Der Kessel muss genau untersucht und darf nicht eher wieder gespeist werden, als bis Kessel und Mauerwerk gehörig abgekühlt sind.

16. Vor jedem Stillstande des Kessels und, wenn irgend thunlich, während desselben, ist der Kessel über den gewöhnlichen Wasserstand zu speisen, das Feuer zu dämpfen und der Zug zu beschränken. Vor längerem Stillstande und am Schlusse der Arbeitszeit ist das Feuer ganz zu löschen und der Kaminschieber vollständig zu schliessen.

17. Beim Schichtwechsel, sowie vor und nach jedem Stillstande des Kessels hat sich der Heizer vom ordungsmässigen Zustande der Anlage und namentlich aller Ausrüstungsteile zu überzeugen.

18. Das Ablassen eines Kessels darf nur geschehen, wenn das Feuer gelöscht, durch Oeffnen des Kaminschiebers das Mauerwerk abgekühlt und der Dampfdruck unter einer Atmosphäre gesunken ist. Es darf niemals beim Schichtwechsel und nur bei Tage unter Aufsicht eines Sachverständigen vorgenommen werden.

19. Teilweises Ablassen des Wassers bis zur Wasserstandsmarke ist bei Kesseln, die viel Schlamm absetzen oder schwierig zu reinigen sind, z. B. bei allen Röhrenkesseln, möglichst häufig nach längerem Stillstande vorzunehmen, bei Kesseln, die über Nacht still liegen, jeden Morgen vor dem Anheizen, nachdem Abends vor dem Abstellen überschüssiges Wasser in den Kessel gepumpt worden ist.

20. Schlammiges Wasser ist möglichst oft durch gänzliches Ablassen zu entfernen, ausserdem teilweise nach längerem Stillstande des Kessels durch vorsichtiges Ablassen bis zur gesetzlichen Wasserstandsmarke.

21. Das Füllen der Kessel mit frischem Wasser darf nur geschehen, wenn Kessel und Mauerwerk gehörig abgekühlt sind.

Den Kessel mittelst kaltem Wasser abzukühlen, ist zu unterlassen.

22. Züge und Kesselwandungen müssen, so oft dies möglich, gründlich von Asche und Russ gereinigt werden.

23. Der Kesselstein muss überall gründlich und mit nicht zu scharfen Werkzeugen abgeklopft werden. Hiebei sind jedoch heftige Schläge, namentlich an den Nieten und Fugen, zu vermeiden. Schlamm ist durch Abkratzen und Auswaschen zu entfernen. Vor Beginn der Reinigung müssen etwa nebenan gelegene und in Betrieb stehende Kessel durch Blindflanschen abgesperrt werden.

24. Undichtheiten und schadhafte Stellen an Kessel, Ausrüstung oder Mauerwerk sind sofort dem Vorgesetzten anzuzeigen und durch Sachverständige zu beseitigen.

25. Vor Leckwasser und ausströmenden Dämpfen sind alle Teile des Kessels sowie seine Einmauerung sorgfältig zu schützen.

26. Ausser Betrieb stehende Kessel sind im Winter durch vollständige Entleerung, auch der Rohrleitungen, vor Einfrieren zu schützen.

27. Den Dampfkesselbesitzern ist es anheimgegeben, weiter gehende Sicherheitsvorschriften zu erteilen.

Den deutschen Berufsgenossenschaften ist das Recht eingeräumt, Unfallverhütungsvorschriften zu erlassen, welche, von berufenen Sachkennern den mannigfachsten Bedürfnissen angepasst, von erwählten Vertretern der

Arbeiter von den Genossenschafts-Versammlungen beschlossen und vom Reichs-Versicherungsamte gebilligt, in Bezug auf Unfälle beim Dampfkesselbetrieb zwar bei einzelnen Genossenschaftsgruppen verschieden lauten aber wesentlich folgenden Inhalt haben.

a. Vorschriften für Dampfkesselbesitzer.

1. Im Kesselhause muss für gute Beleuchtung des Wärterraums im allgemeinen und des Manometers und Wasserstandsglases im Speziellen gesorgt werden.

2. Die Manometer und Wasserstandsgläser müssen so angebracht sein, dass der Kesselwärter sie von seinem Standort gleichzeitig beobachten kann.

Die Wasserstandsgläser sind mit einer Schutzhülle zu umgeben.

Die Belastung des Sicherheitsventils zu ändern ist strengstens untersagt. Dieselbe darf nur amtlicher Verordnung zufolge geändert werden.

3. Im Kesselhause muss eine gute Leiter immer vorhanden sein, wenn ohne solche die Sicherheits- und Speiseventile oder Wasserstandszeiger nicht erreicht werden können.

4. Bei Kesselreinigungen und Reparaturen ist dafür zu sorgen, dass der zu befahrende Kessel von anderen im Betriebe befindlichen Kesseln in sämtlichen Röhrenverbindungen und Feuerungseinrichtungen sicher isolirt wird. Am besten geschieht dies durch Stopfflanschen; eine Absperrung durch die gewöhnlichen Ventile und Hähne und Festbinden derselben genügt nicht.

Kesselstein und Schlamm sind aus dem Kessel möglichst oft und gründlich zu entfernen.

5. In jedem Kesselhause muss an einer sichtbaren Stelle eine zweckentsprechende Betriebsinstruktion für den Heizer aushängen.

b. Vorschriften für Dampfkesselwärter.

1. Im Kesselhause ist stets auf Ordnung und Reinlichkeit zu halten.

Der Kesselwärter hat die zu seiner Verfügung gestellten Beleuchtungsgegenstände in gutem Zustande zu erhalten und für rechtzeitige Beleuchtung zu sorgen.

2. Der Wärter muss während des Betriebes stets die Ausgänge frei halten und darf die Ausgangsthüren nicht verschliessen.

3. Vor dem Füllen des Kessels ist zu untersuchen, ob sämtliche zu demselben gehörige Apparate gangbar und deren Verbindungen mit dem Kessel frei sind.

Das Anheizen darf erst erfolgen, nachdem der Kessel mindestens bis zum niedrigsten Wasserstande gefüllt ist.

4. In kalte Leitungen und Räume darf Dampf nur mit der grössten Vorsicht sehr langsam eingelassen werden, während etwa vorhandene Luft- und Kondensationswasserhähne geöffnet sind.

5. Sämtliche Wasserstandsapparate und Sicherheitsventile sind täglich zu probiren und stetig zu beobachten.

Jede Veränderung an der Belastung der Sicherheitsventile ist streng verboten.

Das Manometer ist zeitweise darauf zu prüfen ob der Zeiger auf Null heruntergeht.

Die Speisevorrichtungen müssen täglich sämtlich benutzt und stets in gutem Zustande erhalten werden.

Während des Betriebes sind die Hähne und Ventile langsam zu öffnen und zu schliessen.

6. Der Wärter hat dafür zu sorgen, dass die Röhren im Winter gegen Frost geschützt werden und dass bei nicht benutzten Kesseln sämtliche dem Frost ausgesetzte Teile von Wasser befreit werden.

7. Der Wasserstand darf nicht unter die Marke des niedrigsten Standes sinken; geschieht dies dennoch, so ist die Einwirkung des Feuers aufzuheben und dem Vorgesetzten unverzüglich Mitteilung zu machen. Ist der Wasserstand nicht mehr zu erkennen, so ist Speisung vor Abkühlnng des Kessels zu unterlassen.

8. Der Dampfdruck soll die festgesetzte höchste Spannung nicht überschreiten. Steigt er höher, so ist der Kessel zu speisen und der Zug zu vermindern, genügt dies nicht, so ist die Einwirkung des Feuers aufzuheben und dem Vorgesetzten sofort Meldung zu machen.

9. Auf aussergewöhnliche Erscheinungen (insbesondere Undichtigkeiten, Beulen, Erglühen von Kesseln) hat der Kesselwärter sorgsam zu achten. Vorkommenden Falls ist die Einwirkung des Feuers sofort aufzuheben und dem Vorgesetzten unverzüglich Meldung zu machen.

10. Das Ablassen eines Kessels darf erst dann vorgenommen werden, wenn das Feuer vollständig entfernt und das Mauerwerk möglichst abgekühlt ist. Unter Dampfdruck darf das Ablassen bei höchstens einer Atmosphäre Druck geschehen, jedoch nur dann, wenn der Ablasshahn so angebracht ist, dass das ausströmende Wasser Niemand treffen kann.

Während des Ablassens des Wassers unter Druck darf der Mannlochdeckel weder geöffnet noch gelockert werden.

Das Einlassen von Wasser in einen eben entleerten heissen Kessel ist streng untersagt.

11. Bei Reinigung und Reparatur eines Kessels muss derselbe vor dem Befahren von anderen etwa in Betrieb befindlichen Kesseln in sämtlichen Rohrverbindungen und Feuerungseinrichtungen sicher abgeschlossen werden am besten durch zwischengeschraubte Blechscheiben sog. Stopfflanschen. Eine Absperrung durch die gewöhnlichen Ventile oder Hähne oder Festbinden derselben genügt nicht.

Zur Befahrung solcher Kessel hat der betreffende Arbeiter jedesmal die Erlaubnis oder Weisung seines nächsten Vorgesetzten einzuholen.

12. Kesselstein oder Schlamm sind aus dem Kessel möglichst oft und gründlich zu entfernen. Das Abklopfen darf nicht mit zu scharfen Werkzeugen geschehen, besonders vorsichtig sind Nietköpfe und Stemmnähte abzuklopfen.

Der Wärter hat sich nach jedem Reinigen von dem ordnungsmässigen Zustande des Kessels durch Befahren der Züge und des Innern zu überzeugen. Etwaige Unregelmässigkeiten sind sofort dem Vorgesetzten zu melden.

Kurz vor oder während der Stillstandspausen und vor Beendigung der Arbeitszeit ist der Kessel über den gebräuchlichen Stand zu speisen und der Rauchschieber teilweise oder ganz zu schliessen. Ist nur ein Kesselwärter vorhanden, so muss derselbe sich vor dem Verlassen der Arbeit davon überzeugen, dass alles in ordnungsmässigem Zustande ist.

14. Der Kesselwärter ist für die Wartung des Kessels verantwortlich und darf seinen Posten während des Betriebes nur dann verlassen, wenn der hierfür bestimmte Ersatzmann zur Stelle ist.

Beim Schichtwechsel darf der abtretende Wärter sich erst dann entfernen, wenn der Antretende alles in ordnungsmässigem Zustande übernommen hat.

15. Der Wärter beziehungsweise sein Vertreter hat genau nach den im Kesselhause aushängenden Betriebsinstruktionen zu handeln.

16. Unbefugten Personen ist der Zutritt zum Kesselhause nicht zu gestatten.

Drittes Kapitel.

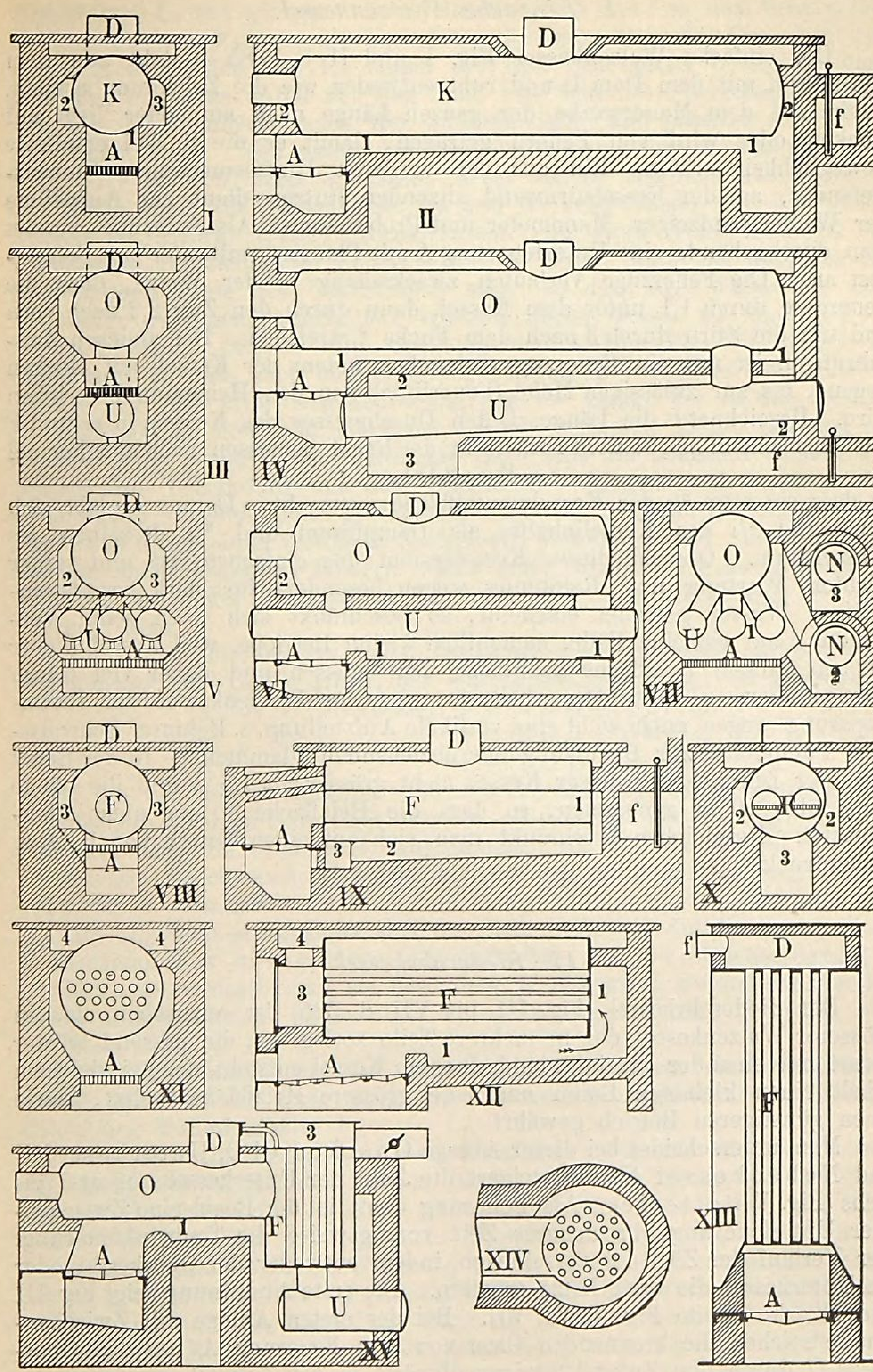
Dampfkesselsysteme.

Die aussergewöhnlich grosse Verschiedenheit der Dampfkessel, hervorgegangen aus den zahlreichen Möglichkeiten der Verbindung einzelner Hauptkesselteile, bedingt durch die abweichendsten Ansprüche an die Gestalt, Grösse und Aufstellungsart der Dampferzeuger infolge der aus den mannigfaltigsten Betriebsverhältnissen abgeleiteten Bedürfnisse, schliesst eine eigentliche oder strenge Klassifikation der Dampfkessel aus, weil es in sehr vielen Fällen an Merkmalen zur Einreihung in eine bestimmte Klasse fehlt, oder weil Merkmale vorhanden sind, welche unzweifelhaft die Zuweisung in mehrere, etwa gewählte Klassen gestatten würden. Da nichtdestoweniger behufs einer Uebersicht über die zahlreichen Kesselanlagen eine Gruppirung derselben sehr nützlich erscheint und als Grundlage hierzu die Hauptbauformen besonders geeignet sind, so ist der folgenden Abhandlung über die Dampfkesselsysteme nachstehende durch die Figurentafel S. 385 vor Augen geführte Einteilung gegeben:

1. Einfache Walzenkessel;
2. Siederohrkessel;
3. Wasserröhrenkessel;
4. Flammrohrkessel;
5. Heizröhrenkessel;
6. Zusammengesetzte Kessel.

Auf der Tafel S. 385 bezeichnen:

Fig.	I	und	II	einen einfachen Walzenkessel;
„	III	„	IV	einen Siederohrkessel mit 1 Sieder;
„	V	„	VI	einen Siederohrkessel mit 3 Siedern;
„	VII	„		einen Siederohrkessel mit 3 Siedern und 2 Vorwärmern;
„	VIII	„	IX	einen Einflammrohrkessel;
„	X			einen Zweiflammrohrkessel;
„	XI	„	XII	einen Heizröhrenkessel;
„	XIII	„	XIV	einen stehenden Heizröhrenkessel;
	XV			einen zusammengesetzten Kessel.



I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
D
K
O
U
A
F
N
f

I. Einfache Walzenkessel.

Der einfache Walzenkessel Fig. I und II S. 385 besteht aus dem Cylinder K mit dem Dom D und ruht entweder, wie die Zeichnung ergiebt, direkt auf dem Mauerwerke der ganzen Länge nach auf, oder liegt auf Böcken oder wird von Federn getragen, damit er die S. 344 erwähnte Beweglichkeit erhält. Ein aus der vorderen Umfassungsmauer heraustretender, an der Kesselstirnwand sitzender Stutzen dient zur Aufnahme der Wasserstandzeiger, Manometer und Probirhähne. Als Feuerung wendet man durchgehends eine Unterfeuerung A mit Planrost, mitunter mit Schrägrost an. Die Feuerzüge verlaufen zweckmässig in der Weise, dass die Feuergase durch 1,1 unter dem Kessel, dann durch den Zug 2,2 nach vorn und um die Stirn durch 3 nach dem Fuchs f streichen. Bei anderen Ausführungen ist nur ein Feuerzug vorhanden, indem der Kessel, auf Böcken liegend, bis zur zulässigen Höhe (Feuerlinie) von den Heizgasen bestrichen wird. Bezeichnet L die Länge, D den Durchmesser des Kessels in *m* und F die Heizfläche in *qm*, so wird letztere in der Regel bemessen nach der Formel

$$F = 2\,D\,L,$$

so dass sie etwa $^2/_3$ der Kesselmantelfläche ausmacht. Daraus ergiebt sich annähernd $^1/_4$ des Kesselinhaltes als Dampfraum und $^3/_4$ desselben als Wasserraum. Obwohl dieses Kesselsystem das einfachste ist und seiner leichten Wartung und Reinigung wegen besonders für stark kesselsteinhaltiges Wasser geeignet erscheint, so beschränkt sich doch seine Verwendung auf einzelne Fälle, namentlich kleine Betriebe, weil Kessel dieser Art mit grosser Heizfläche sehr lang sein müssen und daher viel Raum beanspruchen. — Mitunter erhält der einfache Walzenkessel der Raumersparung wegen auch wohl eine vertikale Aufstellung, z. B. hinter Schweiss- oder Puddelöfen zur Benutzung der abziehenden Flammen. — In der Regel wird der Durchmesser dieser Kessel nicht grösser als 1,5 *m* und die Länge nicht über 10 *m* genommen, so dass die Heizfläche 30 *qm* nicht überschreitet. Desgleichen beschränkt man sich auf einen Druck von 5 *Atm.* Ueberdruck.

II. Siederohrkessel

Der Siederohrkessel (Fig. III bis VII S. 385) ist anzusehen als ein grösserer Walzenkessel, der in mehrere Teile zerlegt ist, die passend wieder derart mit einander vereinigt sind, dass ein Kessel entsteht, der bei gleichem Inhalt einen kleineren Raum und eine grössere Heizfläche besitzt, sowie einen günstigeren Betrieb gewährt.

Man unterscheidet bei dieser Anlage O b e r k e s s e l O, U n t e r k e s s e l U und N e b e n k e s s e l N und steigert die Zahl der Unterkessel auf drei bis sechs (Fig. V B a t t e r i e). Als Feuerung dient in der Regel eine Zwischen- oder Unterfeuerung, in neuerer Zeit vorzugsweise die Tenbrinkfeuerung. Der Verlauf der Züge ist verschieden, indem entweder der Oberkessel oder die Unterkessel die erste Hitze erhalten. Die erste Anordnung zeigt Fig. III und IV, die zweite Fig. V, VI, VII. Bei der ersten Anlage mit Zwischenfeuer streichen die brennenden Gase von der Feuerung A um den Oberkessel O, durch den Zug 1,1, steigen abwärts in den Zug 2,2, umziehen die

Unterkessel U und gelangen durch die Kanäle 3 und f zu dem Schornstein. Bei der zweiten Anlage mit Unterfeuer bewegen sich die Gase von dem Herde A durch den Zug 1,1 längst der drei Unterkessel U, steigen dann aufwärts, umziehen durch den Zug 2 die eine Seite des Oberkessels, wenden sich um die Stirnfläche nach der anderen Seite und passiren den Zug 3 zum Schornstein. Von diesen beiden Anlagen unterscheidet sich die dritte (Fig. VII) dadurch, dass die Gase, bevor sie in den Schornstein treten, der Reihe nach die Nebenkessel N_2 und N_3 bestreichen, um das diesen Kesseln zugeführte Wasser vorzuwärmen. In allen Anlagen liegen die Unterkessel vollständig im Feuer. Bei der ersten findet die Speisung am rückwärtigen Ende des Unterkessels statt, so dass der Wasserweg dem Feuerzuge entgegengerichtet ist, weshalb dieser Kessel zu den Gegenstromkesseln gehört. Die Speisung der Anlage Fig. VI erfolgt im Oberkessel, so dass auch hier eine Gegenströmung vorhanden ist, während Anlage Fig. VII keine Gegenströmung hat. — Damit der in den Siedern gebildete Dampf dieselben möglichst schnell verlassen kann, erhalten die letzteren eine geneigte oder geknickte Lage und am höchsten Punkte den Stutzen zur Verbindung mit dem Oberkessel. — Liegen zwei Sieder nebeneinander, so verbindet man gewöhnlich beide durch einen Querstutzen und nur einen durch einen vertikalen Stutzen mit dem Oberkessel. Bei mehreren nebeneinander liegenden Siedern wählt man vorzugsweise die Anordnung Fig. V, wo jeder Unterkessel für sich mit dem Oberkessel in Verbindung steht.

Ist D der Durchmesser und L die Länge des Oberkessels, sowie D_1 der Durchmesser und L_1 die Länge der Unterkessel, so beträgt die Heizfläche:

a. für 1 Unterkessel: $F = 2\,D\,L + 3\,D_1\,L_1$,
b. „ 2 „ $F = 2\,D\,L + 6\,D_1\,L_1$,
c. „ 3 „ $F = 2\,D\,L + 9\,D_1\,L_1$,

wobei die von den Stirnflächen und den Verbindungsstutzen dargebotenen Heizflächen nicht mitgerechnet werden. Bezüglich der Kesselgrössen sei bemerkt, dass die Oberkessel Durchmesser von 90 bis 150 *cm* und die Unterkessel Durchmesser 60 bis 80 *cm*, aber des Reinigens etc. wegen nicht unter 55 *cm* erhalten.

Im allgemeinen zeichnen sich die Siederohrkessel durch einen grossen Wasserraum aus und gehören demnach den sog. Grosswasserraumkesseln an, weshalb man sie besonders da anwendet, wo ein anhaltender, wenig unterbrochener, wenn auch unregelmässiger Betrieb gefordert wird (S. 333.)

Der Dampfraum wird bei manchen Anlagen durch einen besonderen Kessel gebildet, der quer über den Oberkesseln angebracht ist und aus diesen den Dampf erhält.

Welche verhältnismässig grosse Heizfläche sich mit Siederohrkesseln auf einem kleinen Raum erreichen lässt, zeigt eine Anlage (Wiede) mit 174 *qm* Heizfläche für 10 *Atm.* Arbeitsdruck in einem Raum von 6,2 *m* Höhe, 7 *m* Tiefe und 6,3 *m* Breite. Dieselbe besteht aus 20 Kesseln von 6,5 *m* Länge und 70 *cm* Durchmesser, welche in 4 vertikalen, durch Scheidewände getrennten Reihen zu je 5 mit je zwei Stutzen verbundenen Kesseln verteilt sind und den Dampf an einen 21. Kessel abgeben, der quer über der obersten Reihe liegt. Unter jeder Reihe befindet sich eine Unterfeuerung, deren Heizgase die vier unteren Kessel ganz umspülen, indem

sie, zugleich aufsteigend, durch Chamotteplatten geführt, abwechselnd den einen Kessel von vorn nach hinten, den anderen von hinten nach vorn bestreichen. Der obere (fünfte) Kessel ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt,

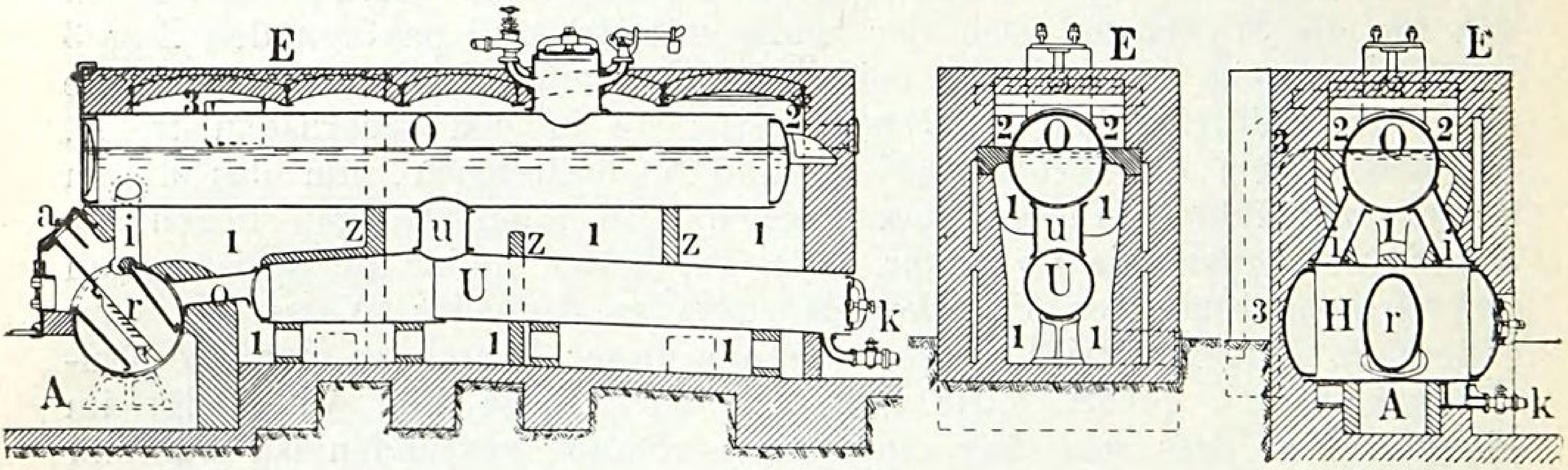


Fig. 351.

also auch nur an der unteren Hälfte dem Feuer ausgesetzt. Um das Anbrennen des ausgeschiedenen Schlammes zu vermeiden, erfolgt die Speisung in dem vierten Kessel von unten gerechnet, in welchem sich dann der grösste Teil des Schlammes absetzt, ohne festzubrennen.

In Fig. 351 ist in 3 Schnitten ein Siederohrkessel mit Tenbrinkfeuerung dargestellt, nach dem Gegenstromprinzip. Man erkennt in O den Ober-

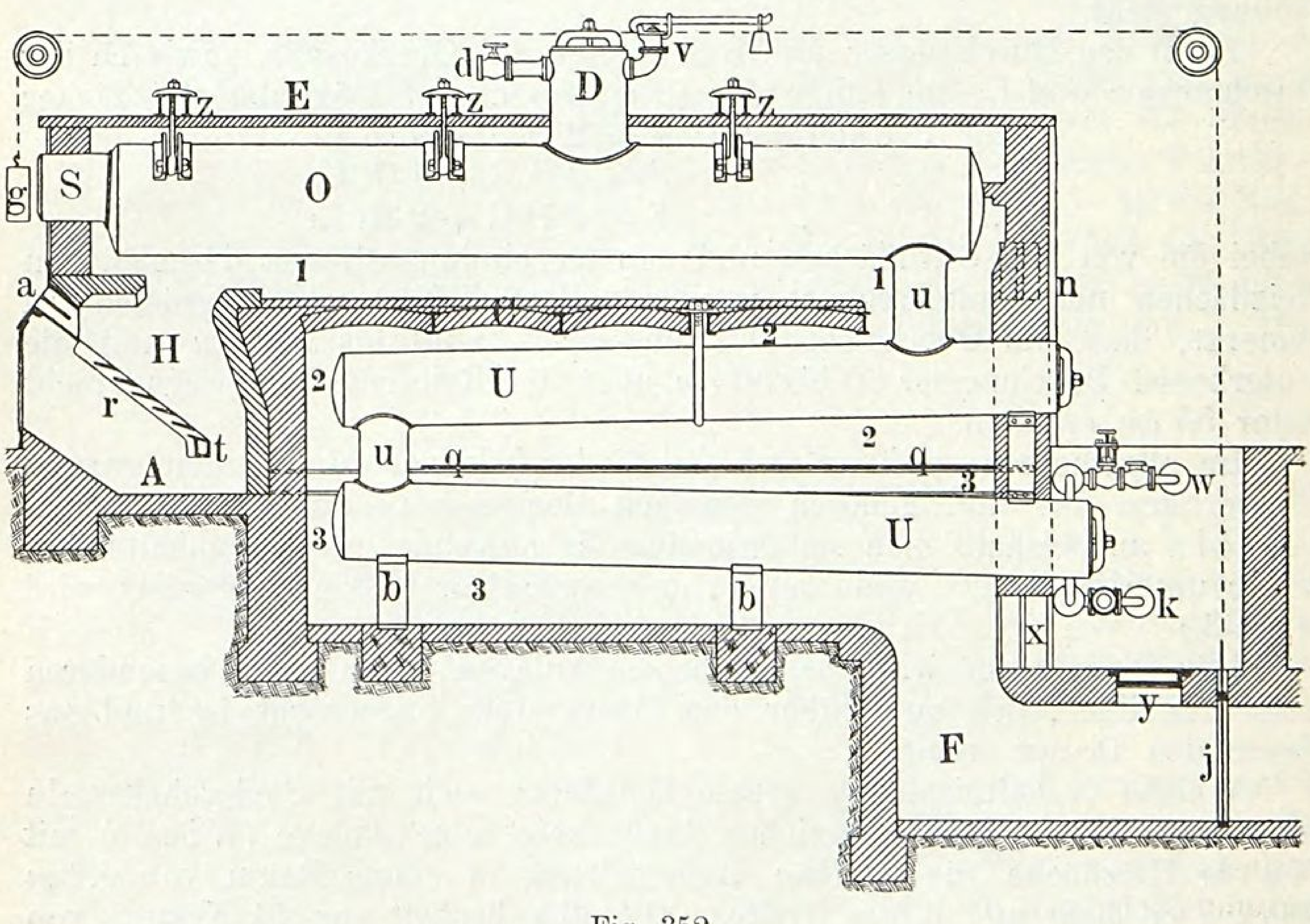


Fig. 352.

kessel, in U den Unterkessel, in u den beide Kessel verbindenden Stutzen und in H den Vorkessel mit der Feuerung (S. 305). Der Vorkessel H steht einerseits durch o mit dem Unterkessel und durch die zwei Stutzen i, i mit dem Oberkessel O in Verbindung. Die auf dem Schrägrost r erzeugten

Brenngase gelangen über eine Feuerbrücke in den weiten durch die Chamottezunge z abgegrenzten Vorraum vor dem Unterkessel und sodann in den Zug 1, 1, 1, 1, 1, 1, um sowohl Unter- als Oberkessel zu umströmen, indem sie zugleich durch die vertikalen sog. Kammern bildenden Zungen z, z derart von der geraden Richtung abgelenkt werden, dass sie auf- und absteigen und in günstigster Weise gegen die Heizflächen treten. Am Ende des Oberkessels haben sie soviel Wärme abgegeben, dass es zulässig ist, sie zum Zwecke des Dampftrocknens durch den Zug 2,2 über dem Oberkessel nach dem absteigenden Kanal 3,3 zu führen, aus dem sie in den Fuchs gelangen. Infolge dieser Gesamtanordnung wird in erster Linie neben der Erzeugung trockenen Dampfes eine grosse Heizfläche und eine vorzügliche Wärmeabgabe erreicht. Ausserdem entsteht eine sehr günstige Wasserbewegung, wodurch auch das bei k zugeführte Speisewasser veranlasst wird, sich unausgesetzt mit dem Kesselwasser zu mischen. — Eine Ausführung dieses Kessels weist folgende Abmessungen auf:

Durchmesser des Oberkessels = 80 *cm*, des Unterkessels = 50; 60; 55 *cm*,
Länge des Oberkessels = 6,2 *m*, des Unterkessels = 5,36 *m*,
Rostfläche = 0,5 *qm*; Heizfläche = 20 *qm*; Ueberdruck = 6 *Atm*.

In Fig. 352, 353 ist in Längs- und Querschnitt eine Doppel-Siederohrkessel-Anlage für Grossbetrieb vor Augen geführt. Jeder Teil besteht aus einem Oberkessel O und zwei über einander liegenden Unterkesseln U, U, welche unter sich und mit dem zugehörenden Oberkessel durch Stutzen u u verbunden sind.. Auch gehört zu jedem Teil eine eigene Feuerung H, so dass zwei Feuerungen (Doppelfeuerung) gemeinsame Feuerzüge besitzen. Jede Feuerung H ist mit einem sog. Münchener Stufenrost r (Fig. 327 S. 306) ausgestattet, der über dem Aschenfall A auf dem durch Luft gekühlten Träger t liegt und von a beschickt wird. Die Heizgase ziehen unter den Oberkesseln O, O durch den ersten Zug 1,1, steigen dann abwärts in den zweiten Zug 2,2, der durch das Gewölbe C von dem ersten getrennt und unten durch eine Platte q q abgeschlossen ist. Die Heizgase gelangen demnach wieder nach vorn und hier abwärts in den Zug 3,3, umspülen das untere Paar Unterkessel und strömen durch den Fuchs F und den Rauchschieber j zum Schornstein. Die Speisung erfolgt am Ausgange der untersten Kessel bei w, um die Gegenströmung zu erzielen. Bemerkenswert ist bei dieser Anlage der grosse Querschnitt der Züge 1, 2, 3, wodurch die Heizgase einer bedeutenden Verzögerung in der Bewegung unterliegen und mit einer Art freien Flammenentfaltung verbrennen. Uebrigens werden diese Kessel auch oft mit Kammereinmauerung versehen. Das Doppelfeuer bringt sodann noch den Vorteil, dass abwechselnd geschürt und infolgedessen eine Störung im Verbrennungsprozesse, sowie Rauchbildung vermieden werden kann.

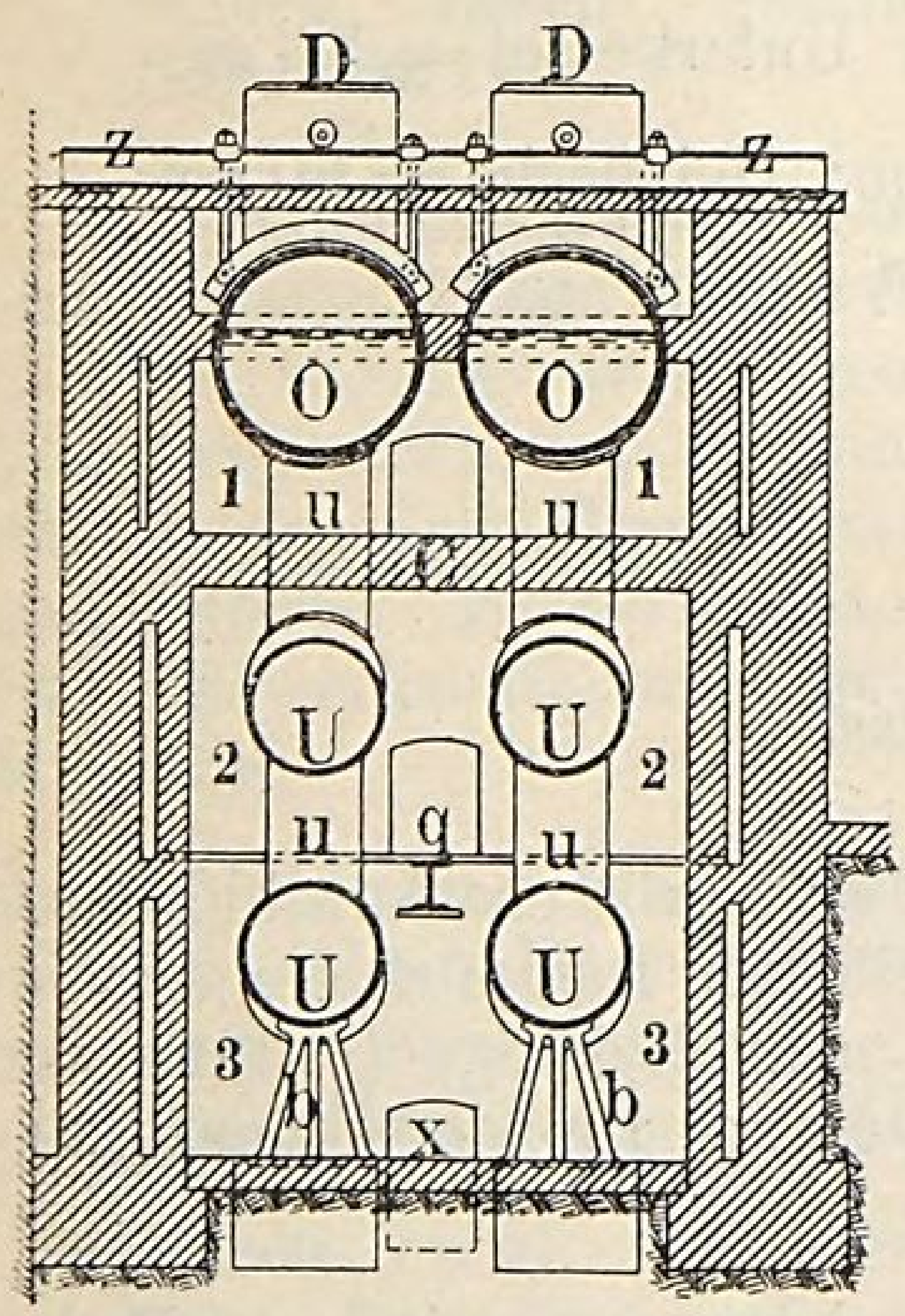


Fig. 353.

Während die Unterkessel zum Teil von der Einmauerung, zum Teil von Böcken b, b getragen werden, die den Zug wenig verengen, ist jeder Oberkessel an drei Stellen z, z, z vermittelst je zweier Hängestangen und Blattfedern aufgehängt, welche auf Querschienen zz (Fig. 353) aufruhen. Man erreicht dadurch eine vollständig freie Beweglichkeit dieser Kessel, deren Nutzen bereits oben (S. 344) erörtert wurde. Zur Entlastung der Verbindungsstutzen sind auch die Mittelkessel mit Flacheisengurten an dem Gewölbe C aufgehängt.

Um einem Wärmeverluste durch Ausstrahlung vorzubeugen, sind die Oberkessel mit einer Decke E E überdeckt, welche frei liegt und über den Kesseln einen Raum abschliesst, der gleichmässig warm bleibt. Aus gleichem Grunde befinden sich in dem Mauerwerke mit Luft gefüllte Zwischenräume. — Zur Zugregulirung dient der Rauchschieber j, welcher an einer Kette mit Gegengewicht g hängt und vom Kesselwärter nach Bedürfnis eingestellt werden kann. — Bei n, x und y sind verschliessbare Oeffnungen im Mauerwerke angebracht, welche 45 $\times$ 45 *cm* gross sind und das Einsteigen in die Züge zum Zwecke der Reinigung und Ausbesserung gestatten. — Die Dampfentnahme erfolgt aus jedem Oberkessel durch den Dom D mit Dampfableitung d und Sicherheitsventil v. Der Stutzen S nimmt die Wasserstands- und Druckzeiger auf. — Bei der vorliegenden Ausführung ist:

Durchmesser der Oberkessel = 90 *cm*; der Unterkessel = 60 *cm*,

Länge der Oberkessel = 6,8 *m*; der Unterkessel = 5,6 *m*,

Grösse jedes Rostes 115 $\times$ 80 *cm* = 0,92 *qm*; Heizfläche = 60 *qm*;
Ueberdruck = 7 *Atm*.

III. Wasserröhrenkessel.

Vereinigt man nach Art der Siederohrkessel eine grössere Anzahl Röhren von kleinem Durchmesser als Sieder, die den gebildeten Dampf einem gemeinschaftlichen Dampfbehälter zuführen, so erhält man diejenige Gattung von Dampfkesseln, welche den Namen Wasserröhrenkessel oder engröhrige Siederohrkessel erhalten haben.

Die zahlreichen Ausführungen dieser Kesselgattung weisen in Bezug auf die Anordnung der Röhren folgende Grundformen auf:

1. Die einzelnen Röhren r, r, r (Fig. 354 I, II) sind in wenig aufsteigender Richtung über einander gelegt und mittels Kapseln a, a, a in der Weise mit einander verbunden, dass sie ein einziges Schlangenrohr bilden, welches oben in einen Dampfbehälter D und unten in ein Speiserohr W einmündet. Eine beliebige Zahl dieser Röhren neben einander (Röhrenbündel) mit einem gemeinschaftlichen Dampfbehälter D und Speiserohr W direkt über dem Feuerraum gelagert und mit einem viereckigen Kasten aus Eisenplatten oder Mauerwerk umgeben, vergegenwärtigt eine Haupt-

gruppe. — Diese Hauptgruppe (K a p s e l k e s s e l) zerfällt in 2 Unterabteilungen je nachdem:

a) nur e i n e Reihe (Fig. 354 I) Röhren r, r durch die Kappen a, a verbunden sind oder

b) als z w e i Reihen (Fig. 354 II Röhren r, r, s, s durch Querstücke a, a zu einem Rohre vereinigt werden.

2. Die einzelnen Röhren werden in paralleler Lage hängend oder liegend r e i h e n w e i s e zusammengestellt (R e i h e n k e s s e l) und zwar:

c) indem die Verbindung der Röhren r, r (Fig. 354 III) nur an e i n e m Ende direkt durch ein Dampfrohr D erfolgt;

d) indem die Verbindung an beiden Enden stattfindet (Fig. 354 IV).

3. Sämtliche Röhren erhalten eine parallele Lage und werden b ü n d e l w e i s e durch sogen. W a s s e r k a m m e r n verbunden, welche in den Dampfbehälter einmünden (B ü n d e l k e s s e l). Dabei bewerkstelligt man die Vereinigung:

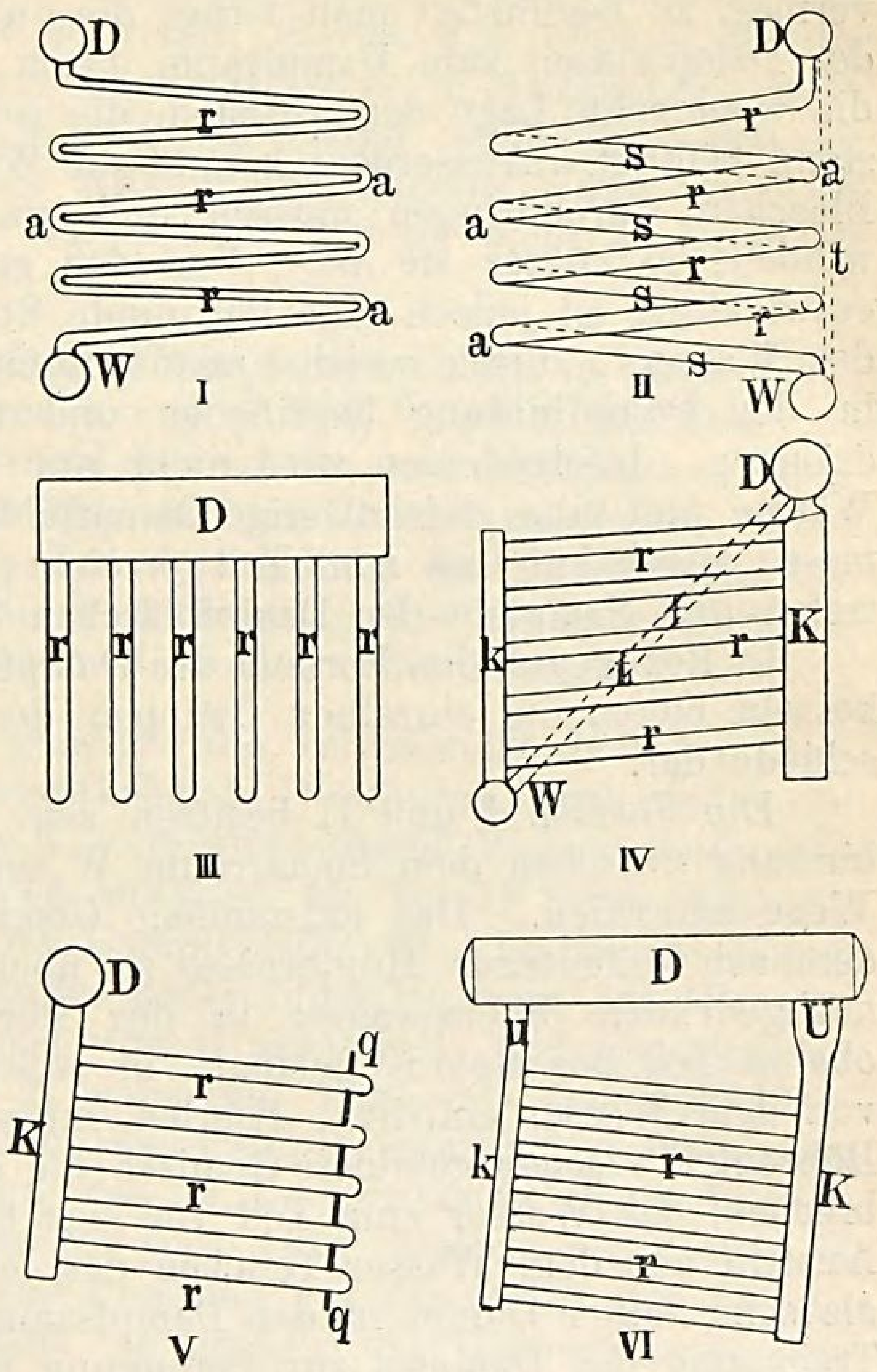


Fig. 354.

e) durch e i n e Wasserkammer K (Fig. 354 V), in welche die Röhren r r mit einem Ende eintreten, während sie bei der horizontalen Lage (V) durch eine Blechwand q q getragen werden und bei einer vertikalen Anordnung wie bei III frei hängen,

f) durch z w e i Wasserkammern K, k (Fig. 354 VI), welche beide mit dem Dampfraum D und unter sich durch die Röhren r, r verbunden sind.

Diesen sechs Hauptformen lässt sich noch eine siebente hinzufügen, die durch einige Kombinationen der ersten sechs entsteht.

Die Dampfentwicklung geht bei den Wasserröhrenkesseln in Röhren von kleinem Durchmesser vor sich, deren Fassungsraum (W a s s e r r a u m) klein ist (K l e i n w a s s e r k e s s e l) gegenüber der Heizfläche. Demnach tritt hier eine schnelle Bildung von Dampf ein, der nicht nur die Leistungsfähigkeit der Heizfläche (S. 336) herabsetzt, sondern für die Haltbarkeit der

Röhren ernste Gefahren bietet und deshalb veranlasst werden muss, schnell und regelmässig abzufliessen. Hierzu dient zunächst die Wärme. Da jedoch die Erwärmung des Wassers allein nur einen trägen Umlauf zu erzeugen vermag, so begünstigt man ferner die durch Auftrieb entstehende Bewegung der Dampfblasen zum Dampfraum durch die Lage der Röhren, insofern als die wagerechte Lage den grössten, die senkrechte Lage den kleinsten Widerstand bedingt. Ausserdem kommt die Wassersäule in Betracht, welche die Bläschen durchdringen müssen und um so leichter und schneller überwinden, je kürzer sie ist. Von der grössten Bedeutung für die Dampfentwicklung ist jedoch eine bestimmte Strömung (Zirkulation, Umlauf) des Wassers, durch welche unausgesetzt neue kältere Wasserteilchen die in der Dampfbildung begriffenen und die in Dampf verwandelten verdrängen. Infolgedessen wird nicht nur eine gleichmässige Verteilung der Wärme und eine gleichmässige Dampfbildung innerhalb der ganzen Wassermasse angebahnt und zum Teil erreicht, sondern auch ein rasches Austreten und Sammeln der Dampfbläschen hervorgerufen (S. 337).

In Bezug auf den Verlauf der Dampfentwicklung in den Wasserröhrenkesseln bieten die einzelnen Gruppen der letzteren sehr erhebliche Unterschiede dar.

Die Formen I und II besitzen sehr lange Röhren, welche die Verbindung zwischen dem Speiseraum W und Dampfraum D auf sehr langem Wege herstellen. Das entstandene Gemisch von Dampf und Wasser hat demnach bedeutende Hindernisse zu überwinden, bis es durch das aus W nachgedrückte Speisewasser in der Bewegung unterstützt, in denjenigen oberen Teil des Rohres gelangt, in welchem eine Trennung des Dampfes von dem Wasser eintritt. Hierbei muss das in dem unteren heissesten Röhrenteil rascher gebildete Gemisch die darüber liegenden Schichten durchbrechen, das Wasser zum Teil vor sich her schieben, und der Dampf bei Austritt aus dem Wasser Teilchen des letzteren mitreissen, also als sehr nasser Dampf in den Dampfsammler gelangen, was eine Trocknung des Dampfes zur Bedingung macht.

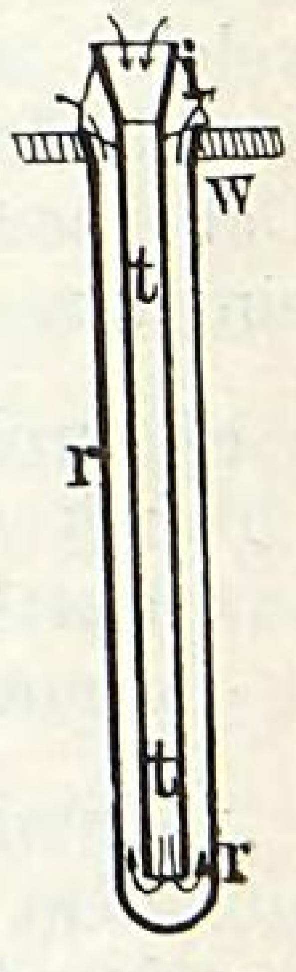


Fig. 355.

Bedeutend günstiger für die Dampfentwicklung ist die Form III, indem der Weg, den hier der Dampf zurücklegen muss, durch die geringe Rohrlänge nur kurz ausfällt, und die senkrechte Lage der Röhren das Auftreiben der Dampfblasen am wirksamsten unterstützt. Dafür fehlt bei dieser Anordnung der Antrieb für die Bewegung des Wassers, weil das letztere von oben in die Röhren einzutreten hat und infolgedessen diese Bewegung mehr hemmt als fördert. Um nun innerhalb jedes Rohres ein rasches Aufsteigen des Dampfes und ein Niedersinken des Wassers ohne Störung für die Dampfbewegung hervorzurufen, wird dasselbe r (Fig. 355) mit einem zweiten unten offenen Rohre t t ausgestattet, welches von 3 oder 4 Flügeln i auf der Oberkante des Hauptrohres r getragen und so tief zentrisch eingehängt wird, dass zwischen beiden Röhren r und s überall ein gleicher Spielraum bleibt. Da nun infolge der Erwärmung des Ausserrohres r das Gemisch von Dampf und Wasser in diesem aufsteigt, während durch das Innenrohr das Speisewasser sofort und ohne Unterlass nachsinkt, so entsteht in diesem Rohrsysteme (Fieldrohr) eine starke Strömung und eine ebenso regelmässige als kräftige, also sehr günstige Dampfentwicklung.

Bei der in IV vorgeführten Form sind die Wasserröhren r, r in einzelnen Vertikalreihen parallel und ansteigend angeordnet, so dass sie mit den tiefer liegenden Enden in ein vertikales Rohr k und mit den höher liegenden in ein vertikales Rohr K eintreten, wovon das erstere mit der Speisung W, das zweite mit dem Dampfbehälter D in Verbindung steht. Man erkennt leicht, dass der in r, r gebildete Dampf wegen der Lage der Röhren und durch nachdrängendes Wasser auf kurzem Wege durch K nach D gelangt, wenn auch aus den unteren Röhren nicht so leicht als aus den oberen.

Bei weitem ungünstiger tritt die Dampfentwicklung in demjenigen Systeme auf, in welchem die Röhren r, r (Fig. 354, V) an einem Ende geschlossen sind und in einer Blechwand q q ruhen, weil die Speisung ebenfalls aus dem Rohre K zu erfolgen hat, das den Dampf aufnimmt. Auch denselben Erwägungen, welche zu der Anwendung der Fieldröhren Veranlassung gaben, entspringt bei dieser Anordnung das Einlegen ähnlicher Zirkulationsröhren, um einen stärkeren Umlauf hervorzubringen.

Liegen die Wasserröhren r, r geneigt und reihenweise zwischen zwei Röhren k, K (VI), welche in den Dampfbehälter D münden, und wird dafür Sorge getragen, dass in dem Rohre K stets ausreichend Wasser vorhanden ist, so steigt das Dampfwassergemisch zunächst wie bei IV unter Nachtritt des Wassers durch das Rohr k in den Dampfbehälter D. In diesem erfolgt sodann eine Ausscheidung des Dampfes unter Zurücklassung des Wassers, welches letzteres sich auf dem Boden von D ansammelt und naturgemäss bei einer horizontalen oder nach K geneigten Lage des Dampfbehälters zum Teil nach K fliesst und sich dem Speisewasser zumischt, welches dem Rohre K zugeführt wird. Da nun das in k eintretende Gemisch eine höhere Temperatur und ein geringeres spez. Gew. besitzt, als das in K befindliche Wasser, so übt dieses eine Pressung auf den Inhalt der Röhren aus, welche um so grösser ausfällt, je grösser die Temperaturdifferenz zwischen k und K, d. h. je höher die Temperatur in k derjenigen in K gegenüber ist. Die Folge dieses Vorganges ist demnach eine vollkommene Zirkulation des Wassers in der Richtung r k D K unter gleichzeitiger Abgabe des Dampfes in D, weshalb diese Anordnung allgemein zu den sog. Zirkulationskesseln gehört.

Selbstverständlich ändert sich an dem Vorgange nichts, wenn die Vereinigung der Röhren nicht reihenweise durch Röhren k und K, sondern in der Weise erfolgt, dass die Röhren in zwei von Blechwänden gebildete Kasten k und K eintreten, welche nunmehr Wasserkammern genannt und durch Stutzen u, U mit dem Oberkessel D in Verbindung gebracht werden: wodurch die Wasserröhrenkessel mit zwei Dampfkammern entstehen.

Legt man einer Einteilung der Wasserröhrenkessel zweckmässiger Weise die erwähnten Verbindungsarten der Röhren zu Grunde, so entstehen die drei Systeme:

1. Kapselkessel; 2. Einkammerkessel; 3. Zweikammerkessel,

unter der Voraussetzung, dass zu den Kapselkesseln auch solche Kessel gerechnet werden, bei welchen die Röhren reihenweise vereinigt sind.

Im Durchschnitte erhalten die Röhren der Wasserröhrenkessel nur einen Durchmesser d von 9 bis 10 *cm*, sowie 3 bis 4 *mm* Wandstärke und selbst in den grössten Anlagen keine Länge über 5 *m*. Liegen sie schräg, so genügt ein Neigungswinkel von etwa 10°.

Unter der Voraussetzung, dass nur die Röhren im Feuerraum liegen, bestimmt sich bei n Röhren von der Länge L die Heizfläche:

$$1)\ F = 3\,n\,d\,L$$

$$\text{und } 2)\ F = 2\,D\,L + 3\,n\,d\,L,$$

wenn der Oberkessel vom Durchmesser D und gleicher Länge L in gewohnter Weise mit geheizt wird.

Das Verhältnis zwischen dem Inhalt und der Heizfläche der engen Röhren zeigt, dass die Wasserröhrenkessel sich durch einen kleinen Wasserraum auszeichnen, weshalb sie auch Kleinwasserkessel heissen, sehr schnell heizbar und insbesondere für Betriebe mit regelmässigem Dampfverbrauch zu empfehlen sind (S. 333).

Wegen der geringen Weiten der Röhren vermögen letztere selbst bei genannter Wandstärke sehr hohe Drücke ohne Gefahr auszuhalten, aus welchem Grunde diese Kessel sich besonders zur Erzeugung hoher Dampfspannung und ihrer grossen Sicherheit wegen zur Aufstellung in und unter bewohnten Räumen eignen.

Das durch Fig. III gekennzeichnete System der Wasserröhrenkessel, welches allgemein den Namen Fieldkessel behalten hat und zugleich als Beispiel der Einwasserkammer-Anordnung gelten kann, eignet sich vorzüglich zum Bau solcher Kessel, bei welchen geringer Raumbedarf, schnelle Dampfbildung, Sicherheit des Betriebes und Einfachheit in der Anordnung besonders wünschenswert sind. Infolge ihrer vertikalen Aufstellung beanspruchen sie wenig Flächenraum; die Anbringung einer grossen Zahl Röhren gestattet wegen der zu gewinnenden grossen Heizfläche und starken Zirkulation durch die Einlegeröhren eine rasche Wärmemitteilung an das Wasser, namentlich bei gewöhnlich vorhandenen kleinen Wasserraum, während zugleich zulässig kleine (zwischen 7 bis 10 *cm* liegende) Durchmesser der Röhren diese ausserordentlich widerstandsfähig machen. Aus diesen Gründen hat sich das System der Wasserröhrenkessel mit hängenden Röhren für kleinere Betriebe sehr bewährt und Veranlassung zu zahlreichen Ausführungen gegeben.

Im allgemeinen lassen sich zwei Gruppen von Ausführungen unterscheiden, je nachdem die Röhren im Feuerraum um den Abzugskamin herum gruppirt sind, so dass der letztere durch den Wasser- und Dampfraum geht oder ob der Abzug direkt aus dem Feuerraum abgeleitet wird. Die letztgenannte Ausführung dürfte vorzuziehen sein, nicht nur weil durch Fortlassen des senkrecht aufsteigenden Abzugsrohres Fläche für die Anbringung von Röhren, sowie Raum für Wasser und Dampf gewonnen wird, sondern auch wegen ihres geringeren Reparaturbedürfnisses und ihrer besseren Wärmeabgabe.

Durch zwei in Fig. 356 und 357 dargestellte sehr bewährte Ausführungen (Kuhn) sind neuere Anlagen von Fieldkesseln vor Augen geführt.

Man erkennt in Fig. 356 zunächst den aufrecht stehenden Walzenkessel K mit dem eingebauten Herde (Feuerbüchse) H, in dem eine gewöhnliche Planrostfeuerung mit Aufgebethür a angebracht ist. Zwischen der Feuerbüchse und dem Kessel ist ein Zwischenraum gelassen, der als Wasserraum mit benutzt wird und zugleich als Schlammsammler dient. Die Wasserröhren r, r hängen, in konzentrischen Kreisen verteilt, durch die Decke der Feuerbüchse in den Herd H hinein und sind demnach dem Feuer unmittelbar ausgesetzt. Ein bei F eingesetzter starker Gusseisenring bildet den Fuchs für den Gasabzug, der zu einem gewöhnlichen Kamin führt. Die Dampfentnahme erfolgt durch den mit Sicherheitsventil ausgestatteten Stutzen bei g, und die Zuführung des Speisewassers etwas unter dem Wasserspiegel.

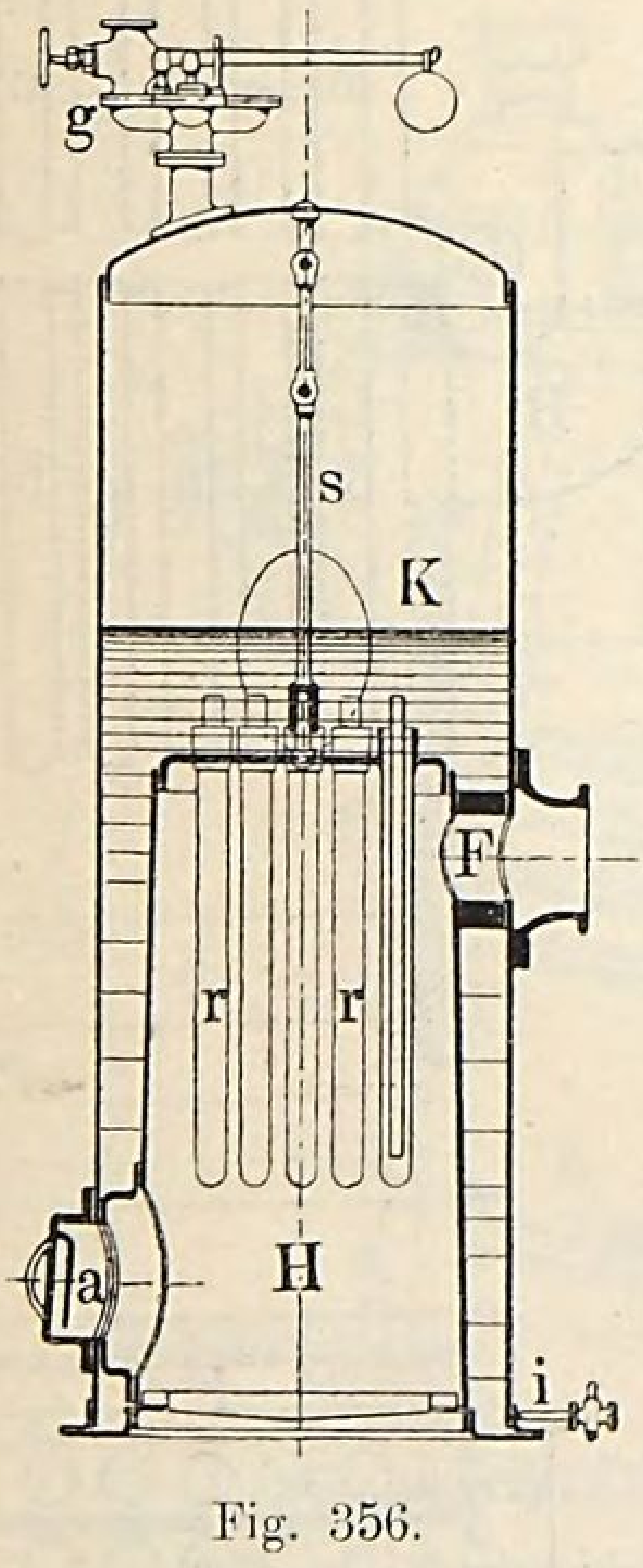


Fig. 356.

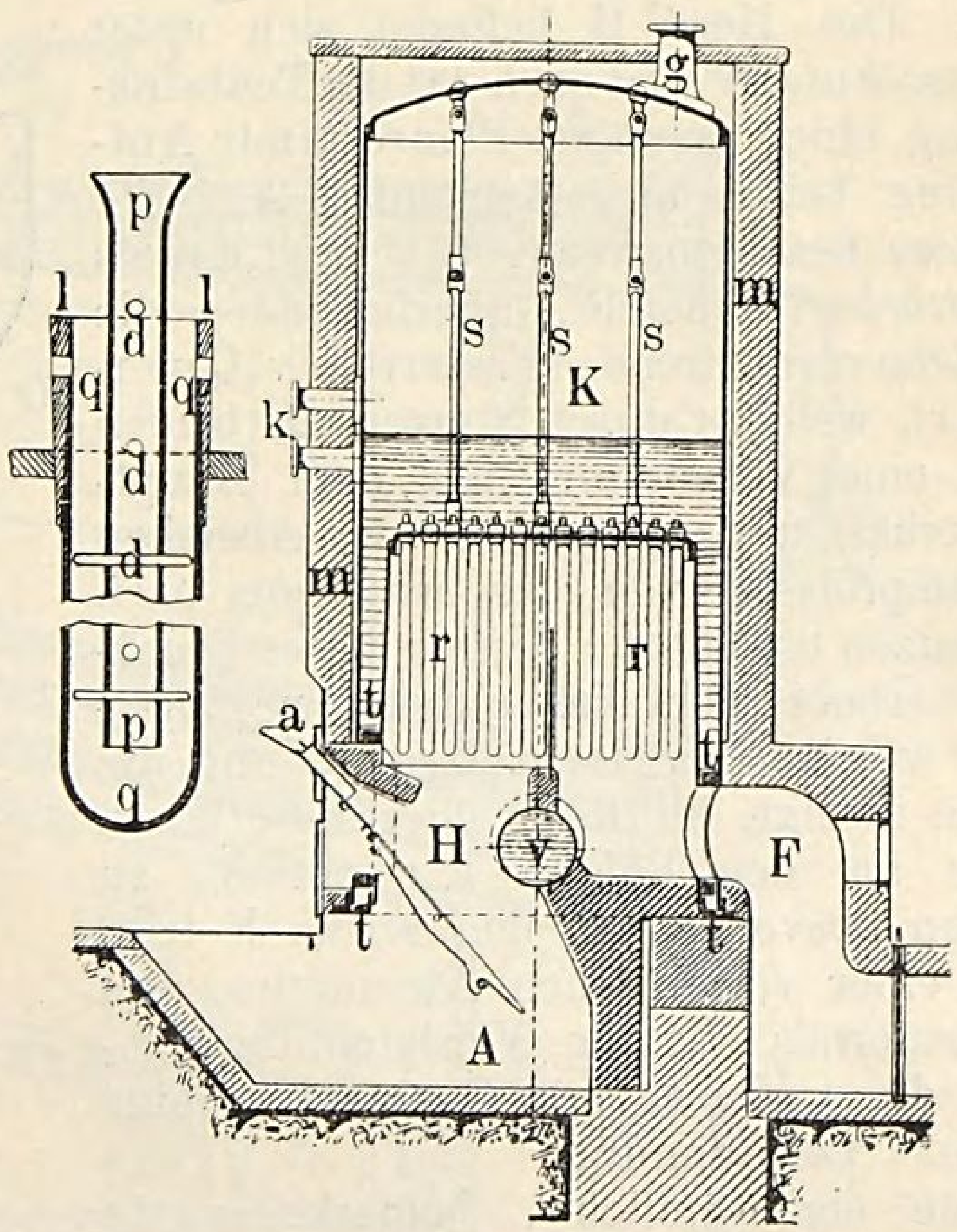


Fig. 357.

Von eigentümlicher, höchst zweckmässiger Anordnung sind die Wasserröhren mit den Umlaufröhren nebst ihrer Befestigung. Die letztere erfolgt nämlich nicht, wie allgemein üblich, durch Einwalzen in die Oeffnungen der Rohrwand (w Fig. 355), sondern, wie die Nebenfigur zeigt, dadurch, dass man die Röhren q q mit Rohrkegeln l l ausstattet, und von oben in die ausgebohrten Löcher einsteckt, wo sie durch den Dampfdruck genügend gedichtet werden. Sie lassen sich infolge dieser Befestigung auch mit Leichtigkeit von dem Mannloch aus entfernen, indem man in zwei Löcher q q des Kegels l l einen Bolzen zum Angriff für einen Hebel steckt. Das unten offene Umlaufrohr p p wird von einem Bolzen d getragen, der hindurchgesteckt und auf den Rand des Rohres l l gelegt ist, während ausserdem noch einige andere durchgesteckte Bolzen d, d, die Mittelstellung von p in q sichern. — Zur Verhinderung des Durchdrückens ist die Decke der

Feuerbüchse durch eine Spannstange s mit dem gewölbten Kesselboden in Verbindung gebracht.

Es ist keine Frage, dass bei den freistehenden Fieldkesseln erhebliche Wärmemengen durch Ausstrahlung der äusseren Kesselwand verloren gehen und dass der Weg, den die Flamme im Herde zurücklegen kann, vielfach zur genügenden Wärmeabgabe nicht ausreicht. Beiden Nachteilen begegnet mit Erfolg die in Fig. 357 dargestellte zweite Anordnung (Kuhn). Der Kessel K, mit dem Dampfstutzen g und den Stutzen k für die Anbringung der Wasserstandszeiger, ruht zunächst auf einem gusseisernen Rahmen t, t, t, t und ist sodann mit Belassung eines kleinen Zwischenraumes vollständig mit einer Einmauerung m m zum Schutz gegen Ausstrahlung umgeben. Der Herd H befindet sich unter dem Kessel und besitzt nach Art der Tenbrinkfeuerung einen schrägen Planrost mit Aufschüttung bei a und Aschenfall A. Ein besonders beachtenswertes Stück ist das als Feuerbrücke dienende, querliegende, die Heizfläche vermehrende Wasserrohr v (Quersieder), welches durch Stutzen an beiden Enden eine Verbindung mit dem Hauptkessel erhält, und sich zum leichten Abziehen der Dampfblasen von der Mitte aus nach den Stutzen erweitert. Ueber dieser Feuerbrücke erhebt sich eine gusseiserne Querwand, welche den Herd H teilt und die Flamme zwingt, im Bogen über diese Wand hinweg an den Röhren r, r entlang zu streichen, bevor sie in den Fuchs F tritt. Neben einer vorzüglichen Ausnutzung des Brennmaterials (8 fache Verdampfung) gestatten diese Kessel mit Quersiedern eine rauchfreie Verbrennung.

Eine eigentümliche, bemerkenswerte Anordnung eines nach dem Systeme mit hängenden Wasserröhren ausgeführten Kessels (Rodberg) ist in Fig. 358 dargestellt. Derselbe besteht aus einer Anzahl horizontaler, quadratischer Schmiedeisenröhren in zwei Gruppen a a und d d, welche durch die vertikalen runden Schmiedeisenröhren c, c paarweise verbunden sind. An dem unteren Systeme hängen Sackröhren b b, welche durch Einschrauben befestigt und daher leicht zu erneuern sind und mit den unteren Röhren a und den unteren Enden von c, c den Wasserraum bilden. Der Dampf füllt die oberen Enden von c, c und das obere System d d, dessen Röhren in den gemeinschaftlichen Dampfraum e münden, während die Röhren des unteren Systemes durch das Rohr f zu einem einzigen Wasserraum verbunden sind. Die Feuerung A ist eine gewöhn-

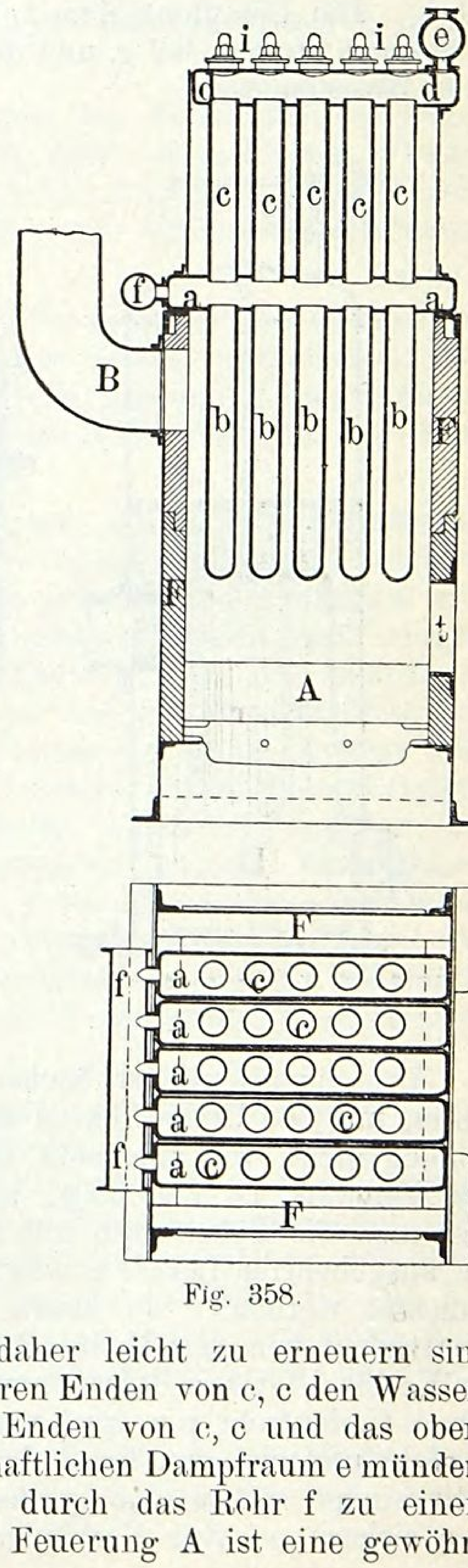


Fig. 358.

liche Rostfeuerung mit der Feuerthür t. Der untere Teil des Kessels ist durch einen Blechmantel mit Chamottefutter F abgeschlossen, welches den Feuerraum bildet, aus dem das Abzugsrohr B die Heizgase abführt. Die Röhren d d tragen über jedem der Vertikalröhren bei i einen verschiessbaren Stutzen zum Einführen von Werkzeugen zum Reinigen der Röhren c und b. Zur Anbringung der Wasserstandszeiger und Manometer ist noch ein Gehäuse angebracht, welches unten mit a a und oben mit d d in Verbindung steht, während das Sicherheitsventil auf dem Rohre e sitzt. — Die Abmessungen dieses Kessels sind so gewählt, dass die Aufstellung desselben in bewohnten Räumen stattfinden darf.

Der Wasserröhrenkessel (Dürr) Fig. 359 im Längsschnitte besitzt in der Regel ein Röhrenbündel B als Dampferzeuger und zwei Oberkessel O,

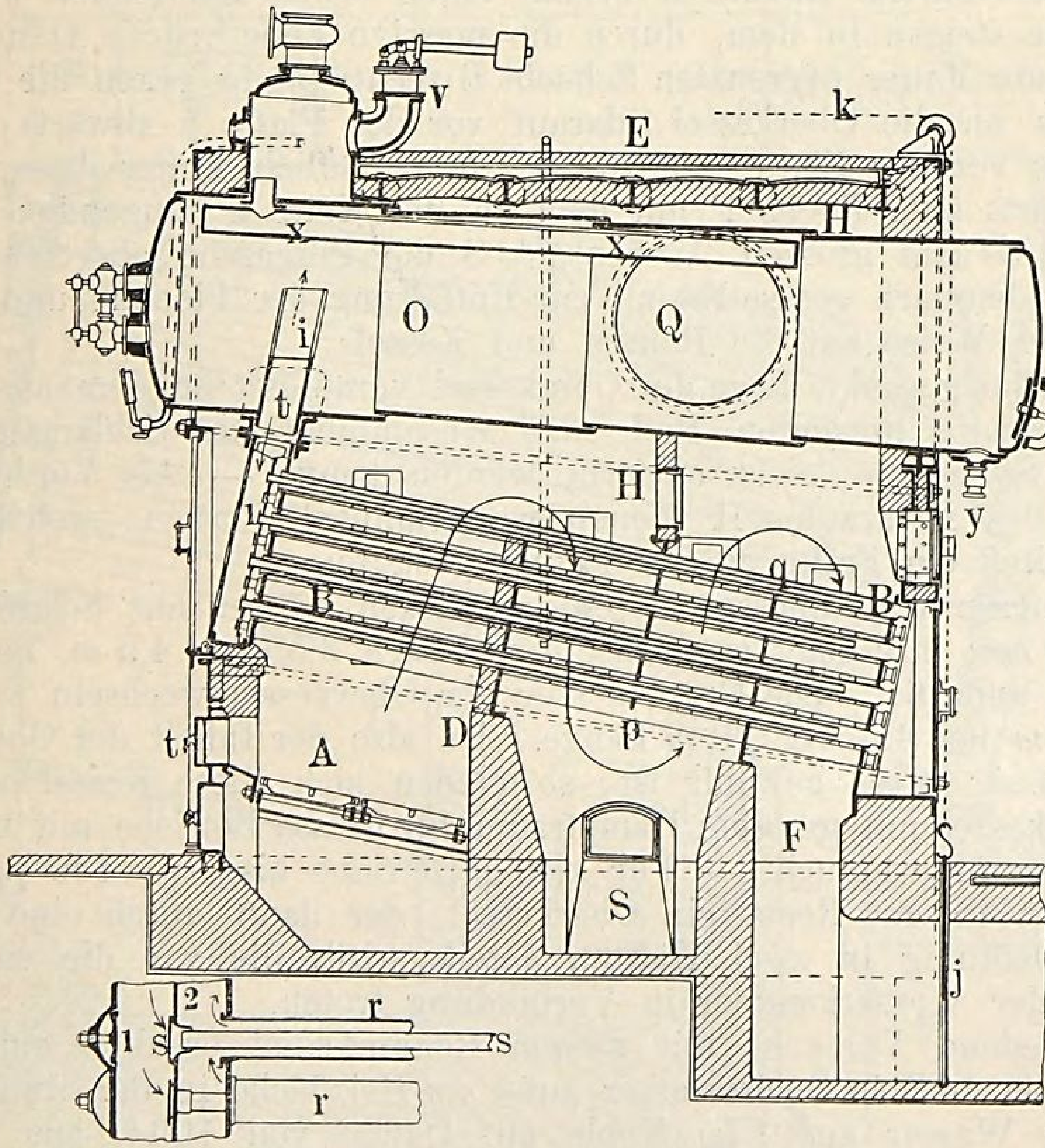


Fig. 359.

die etwas geneigt und mit der Decke E versehen, unmittelbar neben einander mit dem Bündel B in demselben Heizraum H H liegen, mitunter für kleine Betriebe auch nur einen Oberkessel. Die schräg gelegten Wasserröhren ruhen mit dem unteren Ende in einer Wand und münden mit dem oberen Ende in einen Wasserkasten t. Dieser Wasserkasten ist (Nebenfigur) durch eine Wand in 2 Abteilungen 1 und 2 geteilt und derart angeordnet, dass der Raum 1 mit dem einen, der Raum 2 mit dem zweiten Kessel durch Stutzen verbunden ist. Zur Erzielung eines Umlaufs sind die Wasserröhren r, r mit Einlegeröhren s, s versehen. Indem nun die ersteren in die Abteilung 2,

die letzteren in die Abteilung 1 münden, entsteht die mit Pfeilen angedeutete Bewegung, wodurch zunächst das Gemisch von Wasser und Dampf durch die Abteilung 2 und den durch Doppelstrich angedeuteten Steigstutzen i in den einen Oberkessel gelangt. Gleichzeitig sinkt aus dem anderen Kessel durch den unter Wasser mündenden Fallstützen t das Wasser aus dem zweiten Kessel in die Abteilung 1 und von dieser in die Einlegeröhren s, s. Die Speisung mit Wasser erfolgt in dem mit der Abteilung 2 verbundenen Oberkessel, die Dampfentnahme aus dem mit der Abteilung 1 in Verbindung stehenden Oberkessel vermittelst des Dampftrockners x x und eines Domes. Die hierdurch notwendig werdende Kommunikation zwischen den beiden Oberkesseln vermittelt ein Querrohr Q von solchem Durchmesser, dass sowohl das Wasser als der Dampf ungehindert passiren können.

Die Feuerung im Raume A besitzt einen etwas abfallenden Planrost. Die Heizgase steigen in dem, durch die massive Feuerbrücke D und eine darauf gebaute Mauer begrenzten Schacht B rechtwinklig gegen die Röhren aufwärts bis an die Oberkessel, darauf vor der Platte p abwärts, hinter dieser Platte vor der Platte q aufwärts, und endlich hinter dieser Platte wieder abwärts zum Fuchs F mit dem an der Kette k hängenden Rauchschieber j, in dem grossen Aschensack S die Flugasche absetzend. Sie durchziehen demnach grosse Räume zur Entfaltung der Flamme und treffen in günstigster Weise auf die Röhren und Kessel.

Eine etwas gesenkte Lage der Oberkessel veranlasst an dem ausserhalb der Einmauerung liegenden Ende das Ansammeln des Schlammes, der durch den Stutzen y leicht entfernt werden kann. — Als Vorder- und Rückwand des Heizraums H dienen wegnehmbare Platten, welche ohne Schwierigkeiten ein Freilegen des Raums gestatten.

Die inneren Durchmesser der 4 *mm* dicken Röhren aus Schmiedeisen betragen 10 *cm*; ihre Längen wechseln zwischen 3,55 bis 4,5 *m*, ihre Zahl zwischen 11 und 167. Die Durchmesser der Oberkessel wechseln zwischen 0,6 bis 1,5 *m* bei 4,6 bis 5,8 *m* Länge. Da also der Inhalt der Oberkessel verhältnismässig gross gewählt ist, so eignen sich diese Kessel auch als Grosswasserkessel mit grossem Dampfraum für grosse Betriebe mit unregelmässigem Dampfverbrauch. — Für kleine Betriebe bis etwa 120 *qm* Heizfläche genügt in der Regel ein Oberkessel, der dann durch eine Längswand mit Oeffnung in zwei Hälften geteilt wird, die wie die einzelnen Kessel mit der Wasserkammer in Verbindung treten.

Verschiedene Versuche mit diesem Röhrenkessel ergaben eine Verdampfung von 14,8 *kg* Speisewasser auf 1 *qm* Heizfläche in der Stunde und von 8,25 *kg* Wasser auf 1 *kg* Kohle auf Dampf von 100°, aus Wasser von 0°, und einen Nutzeffekt der Anlage von durchschnittlich 73,4 Prozent.

Der in Fig. 360 im Längsschnitte dargestellte Wasserröhrenkessel (Steinmüller) gehört zu dem Zweiwasserkammersysteme. Der als Dampfbehälter dienende Oberkessel O liegt frei und wird von Böcken getragen, die auf dem Mauerwerke ruhen, welches zur Einmauerung des Wasserröhrenbündels B B dient. Das Röhrenbündel besteht aus $10 \times 10 = 100$ Röhren von 9 *cm* Durchmesser und wird oben durch die Decke E, unten durch die Feuerungsanlage A und an den Enden durch die zwei Wasserkammern k und K begrenzt. Die unter einem Winkel von 11° geneigten im Zickzack über einander gelegten Röhren sind in den nach innen liegenden Platten der Wasserkammern befestigt und durch Oeffnungen zum Zwecke des

Reinigens und Auswechselns zugängig, welche den Rohrenden gegenüber in den Aussenwänden der Kammern sitzen und durch Verschlussdeckel verschlossen werden. Von den Kammern k und K laufen Stutzen u und U aus, welche die Verbindung mit dem Kessel O herstellen.

Die Feuerung besteht aus einem etwas geneigt gelegten Planrost R, der durch die Ofenthür t beschickt wird. Die brennenden Heizgase durchziehen in der Pfeilrichtung und den Zügen 1, 2, 3 das Röhrenbündel,

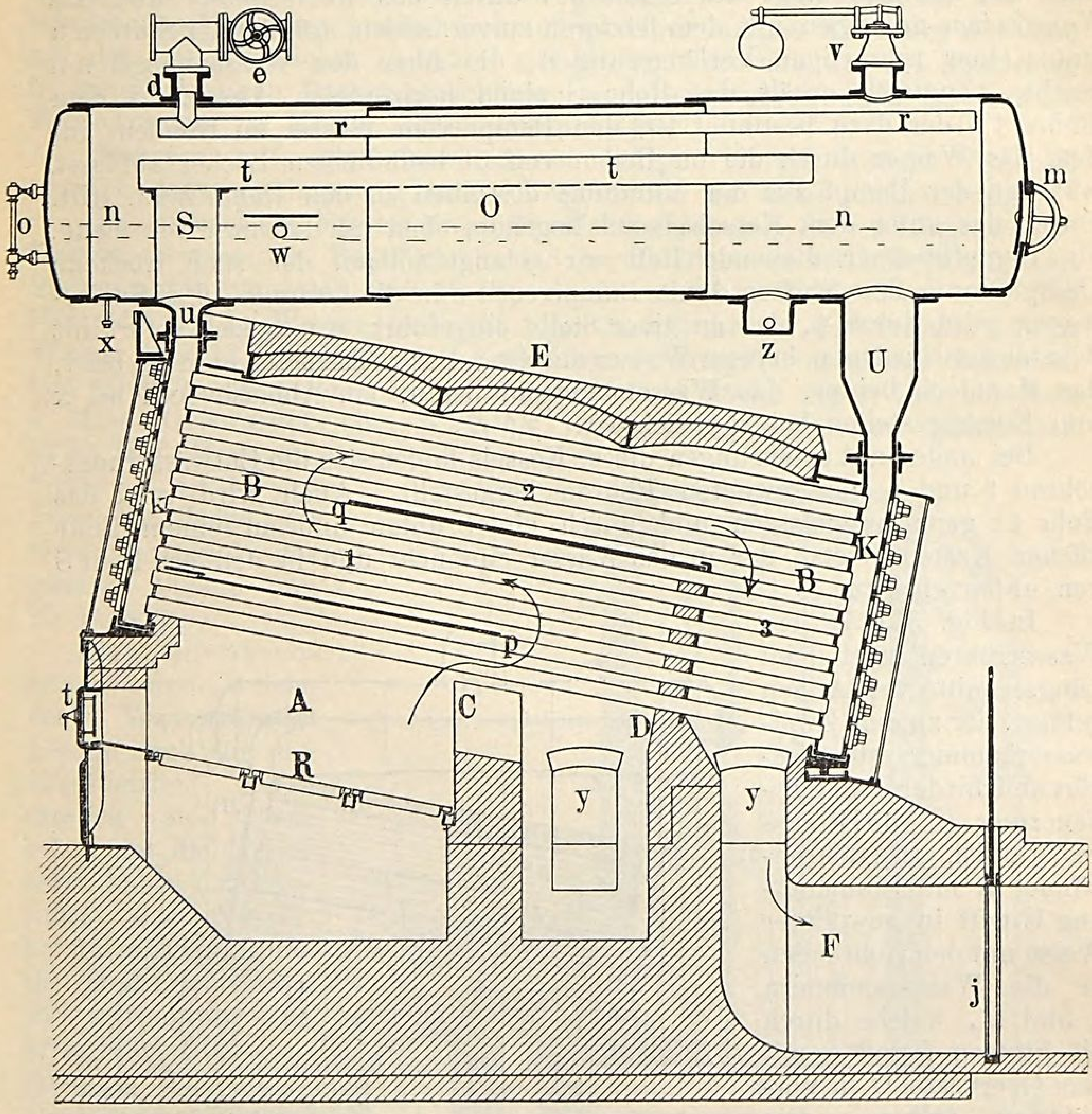


Fig. 360.

indem sie durch die Feuerbrücke C, die Gusseisenplatte p, die Mauer D und die Platte q in solcher Weise eine Ablenkung erfahren, dass sie sich nicht nur beim Durchgang durch das Bündel zerteilen und mischen, sondern auch das Bestreben erhalten, sich möglichst quer gegen die Röhren zu bewegen. Zuletzt gelangen sie im Zuge 3 abwärts zum Fuchs F mit dem Regulirschieber j und von hier zum Schornstein. Weil das Speisewasser von der Wasserkammer K aus in die Röhren gelangt und sich somit den

Gasen entgegen bewegt, so gehört der Kessel zugleich zu den Gegenstromkesseln ohne die S. 347 erwähnten Nachteile.

Das infolge der Erwärmung in den Röhren gebildete Gemisch von Dampf und Wasser steigt aus der Kammer k durch den Verbindungsstutzen u in den Oberkessel O, während das in letzterem vorhandene Wasser durch den Stutzen U und die Kammer K in die Röhren eintritt, so dass ein ununterbrochener, kräftiger Umlauf in einer Richtung gesichert ist. Um den Durchtritt des Gemisches durch das Kesselwasser und das Vermischen desselben mit dem letzteren zu vermeiden, mündet der Stutzen u unter einer rohrartigen Verlängerung S, die über den Wasserspiegel n n reicht. Zugleich erhält das Rohr S einen horizontalen Ansatz in dem Rohre t t, der dazu bestimmt ist, den Dampf vom Wasser zu trennen, indem das Wasser durch die im Boden von t t befindlichen Löcher abfliesst, während der Dampf aus der Mündung desselben in den Dampfraum tritt. Durch das unter dem Kesselscheitel liegende, oben mit Löchern versehene, als Dampftrockner dienende Rohr r r gelangt sodann der sehr trockene Dampf durch den Stutzen d mit Dampfventil e in die Leitung. Das Speisewasser wird durch w, also an einer Stelle eingeführt, wo es sich sofort mit dem ausgeschiedenen heissen Wasser mischt. Das Sicherheitsventil ist bei v, das Mannloch bei m, das Wasserstandrohr bei o, ein Abblaseventil bei x und Einsteigestellen bei y, y sichtbar.

Bei anderen Ausführungen dieses Kessels finden sich die Entwässerungsröhren t und r aus gewellten Röhren hergestellt. Auch wird wohl das Rohr t t ganz weggelassen und durch einen unten und an einem Ende offenen Kasten ersetzt, der in das Wasser eintaucht und in den das Rohr S von unten eintritt.

In Fig. 361 ist ein Wasserröhrenkessel im Längsschnitte vor Augen geführt, der zu dem Zweiwasserkammersystem gehört und mit der Donneley-Feuerung (S. 307) ausgestattet ist. Das Röhrenbündel R mit Einmauerung E tritt in gewohnter Weise mit den Rohrenden in die Wasserkammern n und m, welche durch die Stutzen f und e mit dem Oberkessel O in Verbindung stehen. Die Donneley-Feuerung gehört zu den sog. Schüttöfen. Der Füllschacht a dieser Feuerung ist seitwärts von zwei Wangen, bei r von einem Stabrost und bei b von einer Reihe vertikaler Wasserröhren gebildet. Diese, einen Rost darstellenden Röhren sind zu je 2 oben und unten durch Köpfe verbunden und durch diese an zwei parallele wagrechte Röhren angeschlossen, wovon die untere c mit dem Wasserraum, die obere mittelst des Steig-

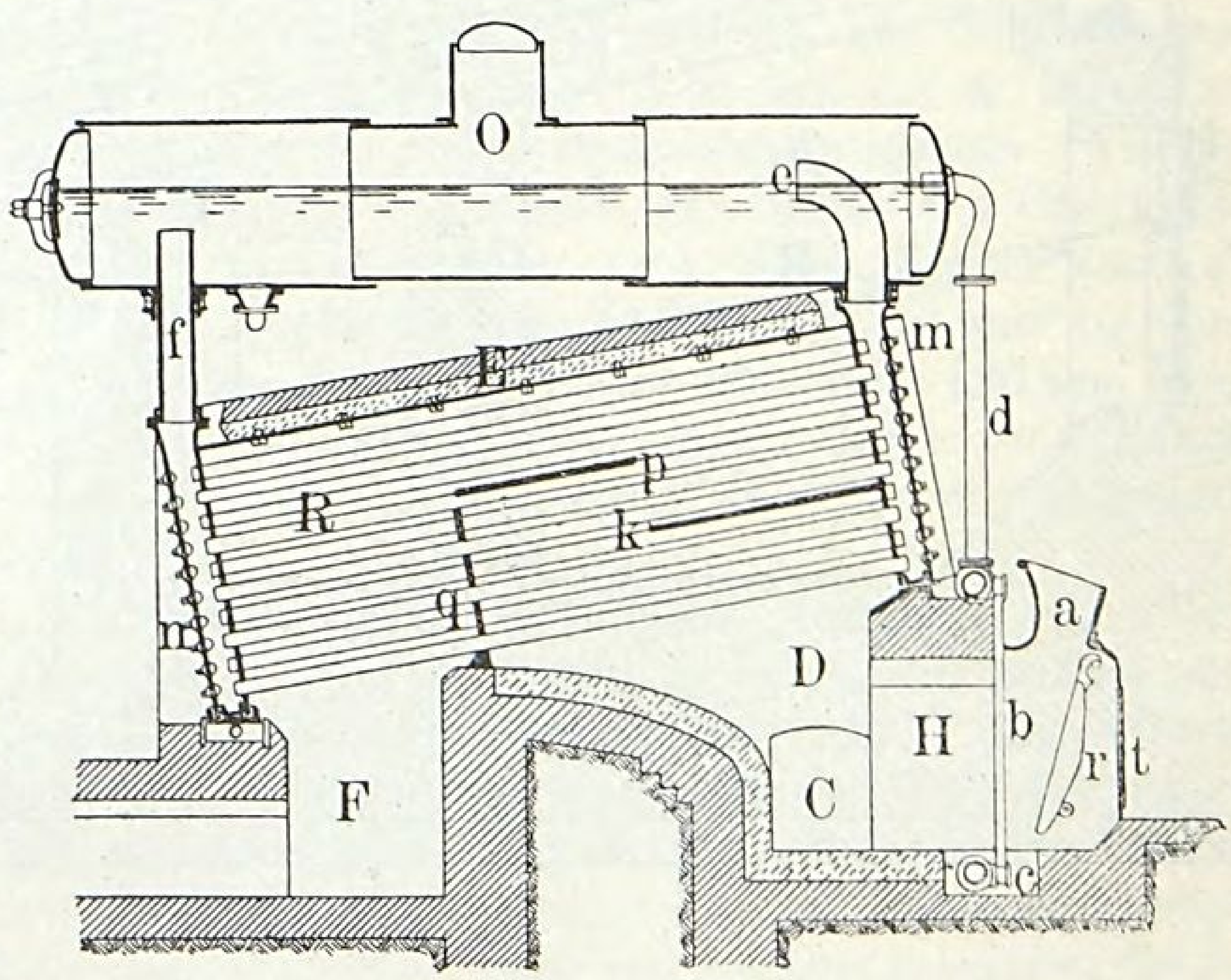


Fig. 361.

rohres d mit dem Dampfraum des Kessels O, beide aber auch noch unter sich durch zwei, ausserhalb der Feuerung liegende, vertikale Röhren in Verbindung gebracht sind, so dass die Röhren b unaufhörlich von Wasser durchströmt werden. Das Brennmaterial gelangt von oben in den Schacht; die Brennluft durch die Schürthür t zum Roste r. Die brennenden Gase entwickeln sich in den grossen Räumen H und D zu Flammen, welche abgelenkt durch die Platten k, p und q das Rohrbündel durchziehen, um durch den Fuchs F zum Kamin zu gelangen. — Die Vorteile der beschriebenen Feuerung äussern sich infolge einer innigen Mischung der Gase mit der Luft, zunächst in einer rauchfreien Verbrennung und ausserdem in einer günstigen Dampfentwicklung, wozu selbstverständlich der kräftige Wasserumlauf im Kessel erheblich mit beiträgt.

Mehrere mit sehr verschiedenen Anlagen vorgenommene Versuche ergaben daher auch sehr günstige Verhältnisse für diese Rostfeuerung.

Bei einem Versuche mit einem Zweiflammrohrkessel, dessen Länge = 8 *m*, Durchmesser = 2 *m*, Rostfläche = 1,8 *qm*, Heizfläche = 69,4 *qm* betrug, mit Flammrohrdurchmesser von 70 *cm*, wurde mit 1 *kg* Kohle von 7080 *WE* Heizwert, 7,7 *kg* Wasser und auf 1 *qm* Heizfläche in der Stunde 25,6 *kg* Wasser von 12 ⁰ bei 3,9 Atm. Spannung verdampft, was einem Nutzeffekt von 69,3 % entspricht. Bei einem anderen Versuch ergab sich bei etwa 7 *Atm.* Ueberdruck eine 5,7 fache Verdampfung mit einer Kohle von 4770 *WE* Heizwert, ferner 15,48 *kg* auf 1 *qm* Heizfläche mit einem Nutzeffekt der ganzen Anlage von 75 Prozent.

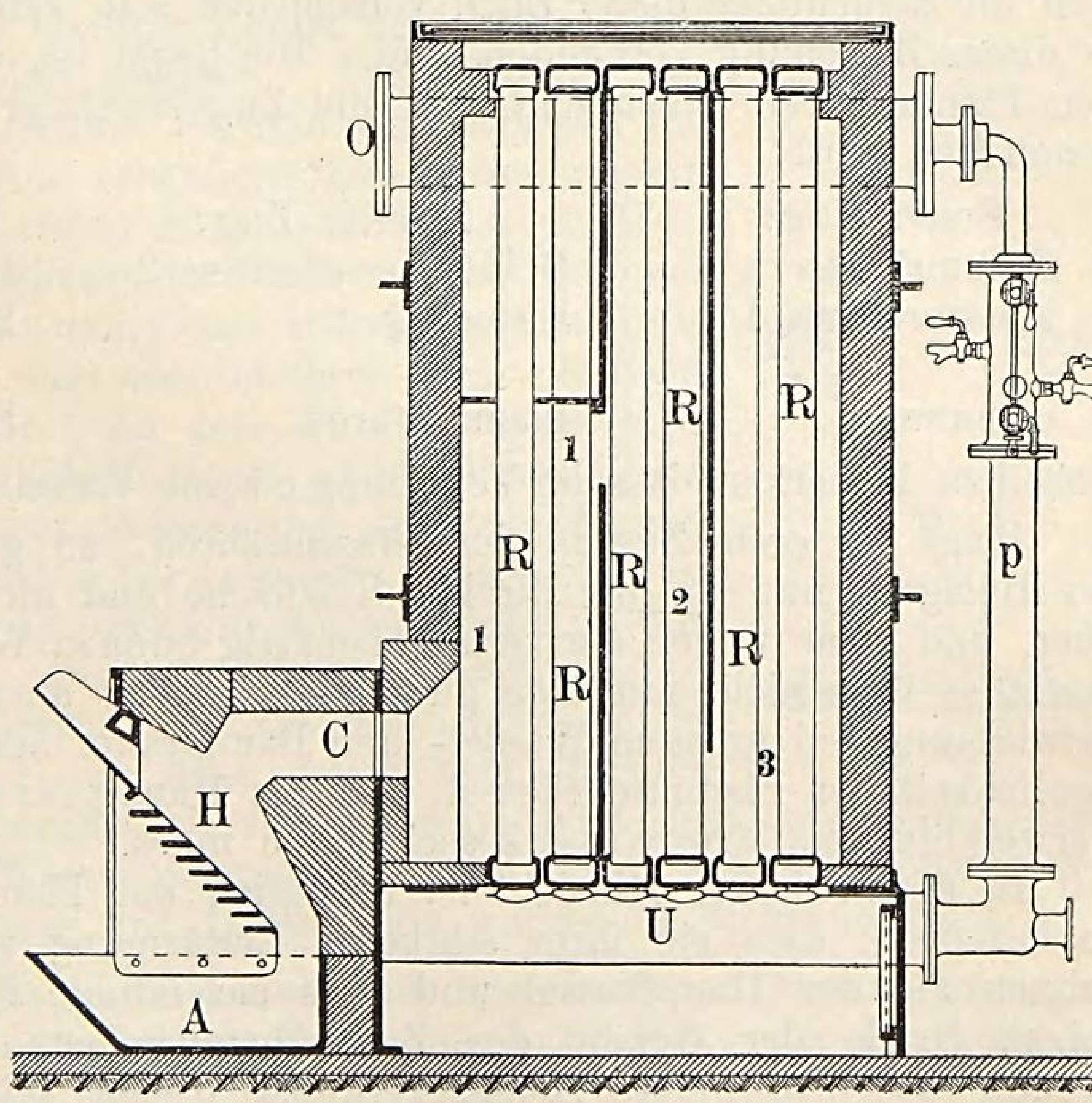


Fig. 362.

Die unverkennbaren Vorteile, welche den Wasserröhrenkesseln auch für den Kleinbetrieb eigentümlich sind, wie schon der Fieldkessel zeigt, haben dazu geführt, das Wasserkammersystem auch für stehende Kessel in Anwendung zu bringen. Eine anerkannte Anordnung dieser Art (Petry) geht aus Fig. 362 hervor. Die in Reihen gestellten Röhren R, R finden ihre Verbindung durch zwei Reihen viereckiger, horizontaler Röhren, welche ihrerseits wieder in die Wasserkammer U und den Dampfraum O einmünden, die durch das Seitenrohr p in Verbindung gesetzt sind. Die Feuerung H ist eine Vorfeuerung mit Treppenrost und Aschenfall A. Die brennenden Gase

gelangen durch den Kanal C aus dem durch Mauerwerk gebildeten Heizraum zunächst in den Zug 1,1, wenden sich über den Rand einer vertikalen Platte abwärts in den Zug 2 und aus diesem durch eine tief abwärts hängende Platte gezwungen in den dritten Zug 3, an den sich seitwärts der Fuchs anschliesst.

IV. Flammrohrkessel.

Wie Fig. VIII, IX und X S. 385 erkennen lassen, liegt das Wesen der Flammrohrkessel in der Anbringung weiter Röhren F, welche die wagerecht gelagerten Kessel in der ganzen Länge durchziehen und inwendig von den brennenden Gasen bestrichen werden. In der Regel begnügt man sich mit einem Rohre (VIII, IX, Einflammrohrkessel, Cornwallkessel) oder mit zwei Röhren (X, Zweiflammrohrkessel, Fairbairnkessel, Lancashirekessel); selten verwendet man mehr als zwei Flammröhren. Als Feuerungen kommen Innenfeuer, Vorfeuer und Unterfeuer in Betracht.

Zur weitgehenden Ausnutzung der Kesseloberfläche als Heizfläche trifft man wohl stets die Anordnung, dass die Heizgase nach Verlassen der Flammröhren die Unter- und Seitenflächen der Kessel umziehen, so dass, weil die Reihenfolge dieser Züge verschieden sein kann, auch Abweichungen in dieser Beziehung vorhanden sind. Die Regel ist, dass der erste Zug in den Flammröhren angebracht und die Zugverteilung folgendermassen vorgenommen wird:

Erster Zug:	Zweiter Zug:	Dritter Zug:
a) Flammröhren 1	Beide Kesselseiten 2	Unterzug 3 Fig. X
b) Flammröhren 1	Unterzug 2	Beide Kesselseiten 3 Fig. VIII und IX
c) Unterzug	Flammröhren	Beide Kesselseiten,

wobei zu bemerken, dass die Verteilung c keine Vorteile bietet und selten ist.

Liegt der erste Zug in den Flammröhren, so geht die erste Wärme der Heizgase nur an die direkte Heizfläche und nicht an das Mauerwerk über, und zwar wegen der verhältnismässig dünnen Wand der Flammröhren rasch, so dass nicht nur eine günstige, sondern auch eine rasche Dampfentwicklung bei grossem Wasser- und Dampfraum als eine wichtige Eigentümlichkeit der Flammrohrkessel und als Hauptgrund für deren vielfache Verwendung als Grosswasserkessel gelten muss.

In konstruktiver Hinsicht ist bezüglich der Flamm- oder Feuerröhren zu beachten, dass sie ihrer stärkeren Erwärmung wegen sich mehr ausdehnen als der Hauptkessel und dass sie infolge des Aussendruckes in hohem Grade der Gefahr des Zusammendrückens ausgesetzt sind. Es werden daher besondere Maassregeln zu treffen sein, welche eine entsprechende Beweglichkeit der Röhren gestatten und neben der völlig kreisrunden Form bei möglichst geringer Wandstärke eine genügende Widerstandsfähigkeit der Röhren gegen das Zusammendrücken schaffen. Hierzu gehört in erster Linie die Anwendung von Wellröhren, eine besondere Art der Verbindung der einzelnen Rohrschüsse und die Versteifung durch Ringe (S. 330).

Der Durchmesser der Flammröhren ist mit Rücksicht auf den Umstand zu wählen, dass zwischen dem Kesselmantel und dem Rohre genügend Raum zum Befahren bleibt. Bei Einflammrohrkesseln ist der Flammrohrdurchmesser in der Regel gleich der Hälfte des Kesseldurchmessers. Um bei diesem Durchmesserverhältnisse eine noch bequeme Zugänglichkeit des Kessels zu erhalten, wird vielfach das Flammrohr nicht in die senkrechte Achse des Kessels, sondern seitwärts gelegt, so dass auf der einen Seite ein grösserer Raum zwischen Rohr und Mantel entsteht (Seitrohr). Zugleich erreicht man durch diese Anordnung einen Wasserumlauf im Kessel, weil an der engeren Stelle zwischen Rohr und Mantel das Wasser schneller durchwärmt und zum Auftrieb gebracht wird. — Bei Zweiflammröhren wählt man etwa $^1/_3$ des Kesseldurchmessers als Flammrohrdurchmesser.

Die Flammrohrkessel gehören zu den Grosswasserkesseln und erhalten demgemäss durchgehends Durchmesser von etwa 1,5 bis 3,0 *m* mit dem 4 bis 5fachen als Länge, wobei man bei Einflammrohrkesseln gewöhnlich 1,8 *m* nicht überschreitet. Nur die Anwendung von Wellröhren gestattet auch hier die grösseren Dimensionen bis 2,2 *m* Durchmesser und 11 *m* Länge. Diesen Verhältnissen entspricht bei glatten Röhren eine Heizfläche bis etwa 50 *qm*, bei Wellröhren bis etwa 90 *qm*.

In sehr vielen Fällen werden die Flammröhren mit mehreren kegelförmigen Querröhren (sog. Gallowayröhren oder tubes, Fig. 363) durchsetzt, die in ihrer Stellung derart verschieden sind, dass sie sich abwechselnd kreuzen. Diese Röhren vermitteln zunächst eine solche Verbindung zwischen den Wassermengen, dass eine erhebliche Zirkulation eintritt. Ausserdem vermehren sie in günstigster Weise die Heizfläche, fördern die Mischung der Gase, wie im Kammersysteme und geben ein vorzügliches Mittel zur Absteifung der Flammröhren ab, so dass man letzteren sogar elliptische Querschnitte geben kann. Zu dem Zwecke bilden diese Querröhren T ein aus Schmiedeisen angefertigtes Stück, das an beiden Enden zur Befestigung mit dem Flammrohre durch Vernieten oder Verschrauben umgebördelt ist, mit einer Kegelform, die das Durchstecken des unteren Randes u u durch die gegenüberliegende Oeffnung o o des Flammrohres ermöglicht. — Zur Erleichterung des Dampfdurchtrittes durch das über den Röhren stehende Wasser hat man in neuerer Zeit die Gallowayröhren mit Aufsätzen A versehen, die über das Wasser hinausragen und einen Schirm besitzen, der dem Gemisch von Wasser und Dampf eine wagrechte Richtung giebt.

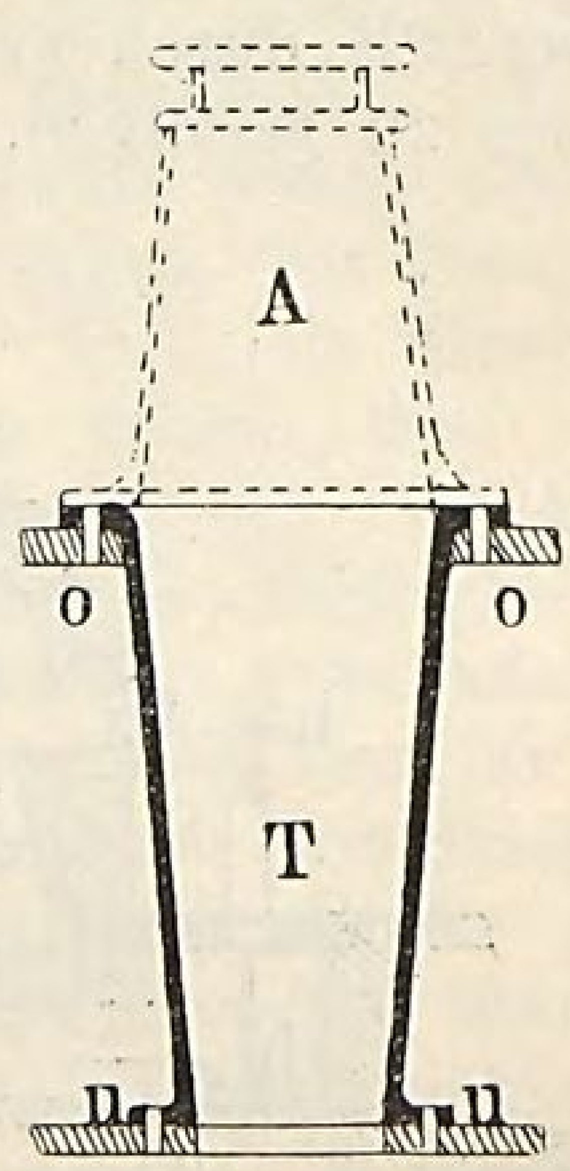


Fig. 363.

Wenn zwar die Flammrohrkessel mit verschiedenen Feuerungen versehen werden, so kann doch als Regel die Anbringung der Feuerung in dem vorderen Teile der Flammröhren (Innenfeuer) gelten, weil durch Einbauen der Feuerung in den Kessel nicht nur die Einmauerung vereinfacht, sondern auch der Wärmeverlust durch das Mauerwerk vermieden wird. — Als Roste verwendet man Planroste und Schrägroste nach Art der Tenbrinkfeuerung. Um für die letztere in dem Flammrohre genügend Raum zu gewinnen, sind verschiedene Wege eingeschlagen, unter welchen der durch Fig. 364 dargestellte (Kuhn) besondere Beachtung verdient.

Man sieht, dass der Kessel K mit dem Flammrohre R zur Aufnahme des Herdes H nach unten kegelförmig erweitert, und bei r der Schrägrost mit der Aufschüttvorrichtung a und dem Aschenfall A eingesetzt ist. Ausserdem ist auch bei dieser Anlage die Oberkante der Feuerbrücke B (wie bei dem S. 395 beschriebenen Kessel) durch ein eingenietetes Querrohr gebildet, welches sich von der Mitte nach aussen erweitert und einen bedeutenden Wasserumlauf verursacht.

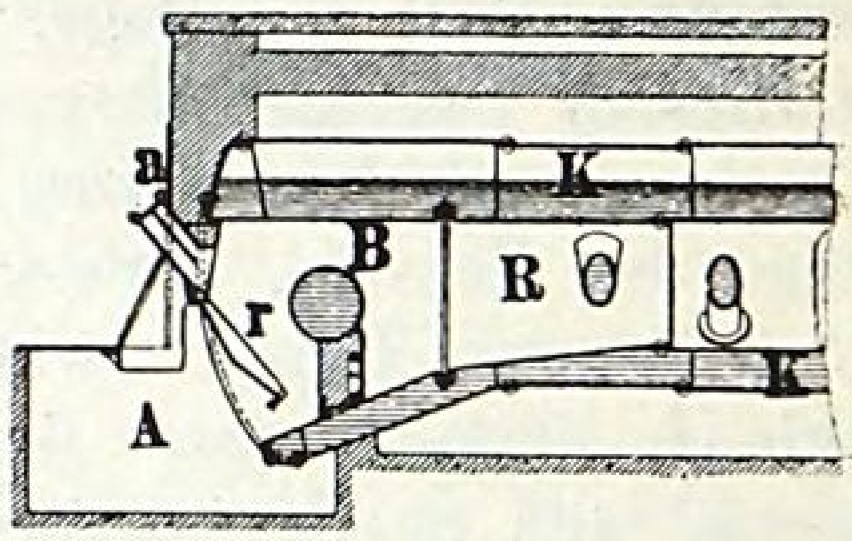


Fig. 364.

Einen mit Gasfeuerung ausgestatteten Flammrohrkessel (Siemens) zeigt Fig. 365 im Längsschnitte. Der mit dem vorderen Stirnende auf dem Mauerwerke und bei u, u auf Böcken aufruhende Kessel K ist mit einem zentrisch liegenden glatten Flammrohre B ausgestattet, vor dem sich ein grosser Vorraum A befindet, in welchem sich die Flammenbildung vollzieht. Zu dem Zwecke tritt das von einem abseits liegenden Gaserzeuger kommende Gas durch den Kanal a, das durch h einzustellende Abschlussventil b und den aufsteigenden Fuchs c, in zwei Ströme geteilt, in den Vorraum A, zu dem eine Thür t führt, welche zum Anzünden, Reinigen der Füchse und Beobachten der Verbrennung dient. Die Verbrennungsluft strömt aus dem Gewölbe e, durch den Schieber f regulirt, in den Raum g und von diesem durch ein flaches im Kesselmauerwerke angebrachtes Gewölbe i i zu dem Luftfuchs d, um ebenfalls durch zwei Schlitze in den Vorraum A zum Vermischen mit dem Gase zu gelangen. Die brennenden Gase treten zunächst in einen Chamotte-

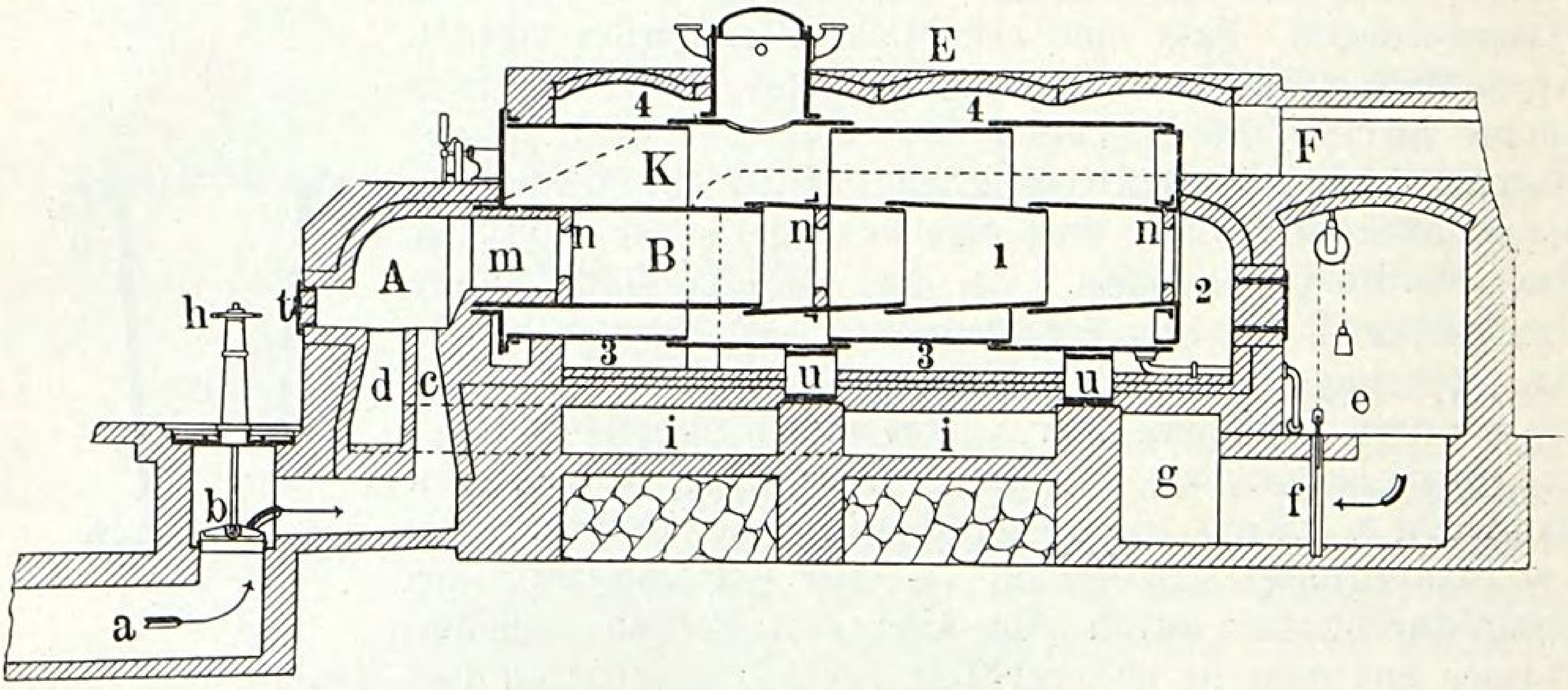


Fig. 365.

mantel m, der zum Schutze des Bleches in den Kopf des Flammrohres B eingesetzt ist und am vorderen Ende einen besonderen Ringeinsatz von Chamotte trägt, der sich im Rohre B noch bei n und n vorfindet und die Berührung der Flamme mit der Rohrwand thunlichst vermindern soll. Nachdem die Flamme den ersten Zug 1 im Flammrohre passirt hat, kehrt sie durch die Züge 2 und 3 in Berührung mit der äusseren Kesselwand nach vorn zurück und verlässt dann durch den über dem mit E überdeckten Kessel liegenden Zug 4,4 den Feuerraum, um durch den Fuchs F den Schornstein zu erreichen. Das Wesen dieser Anlage liegt in dem

durch A und B gebildeten grossen Raum zur sog. freien Flammenentfaltung, sowie in einer Vorwärmung der Verbrennungsluft und einem Trocknen des Dampfes im Dampfraum.

Ein Flammrohrkessel neuester Konstruktion (Paucksch) mit einem Flammrohr ist in Fig. 366 im Längs- und Querschnitte vor Augen geführt.

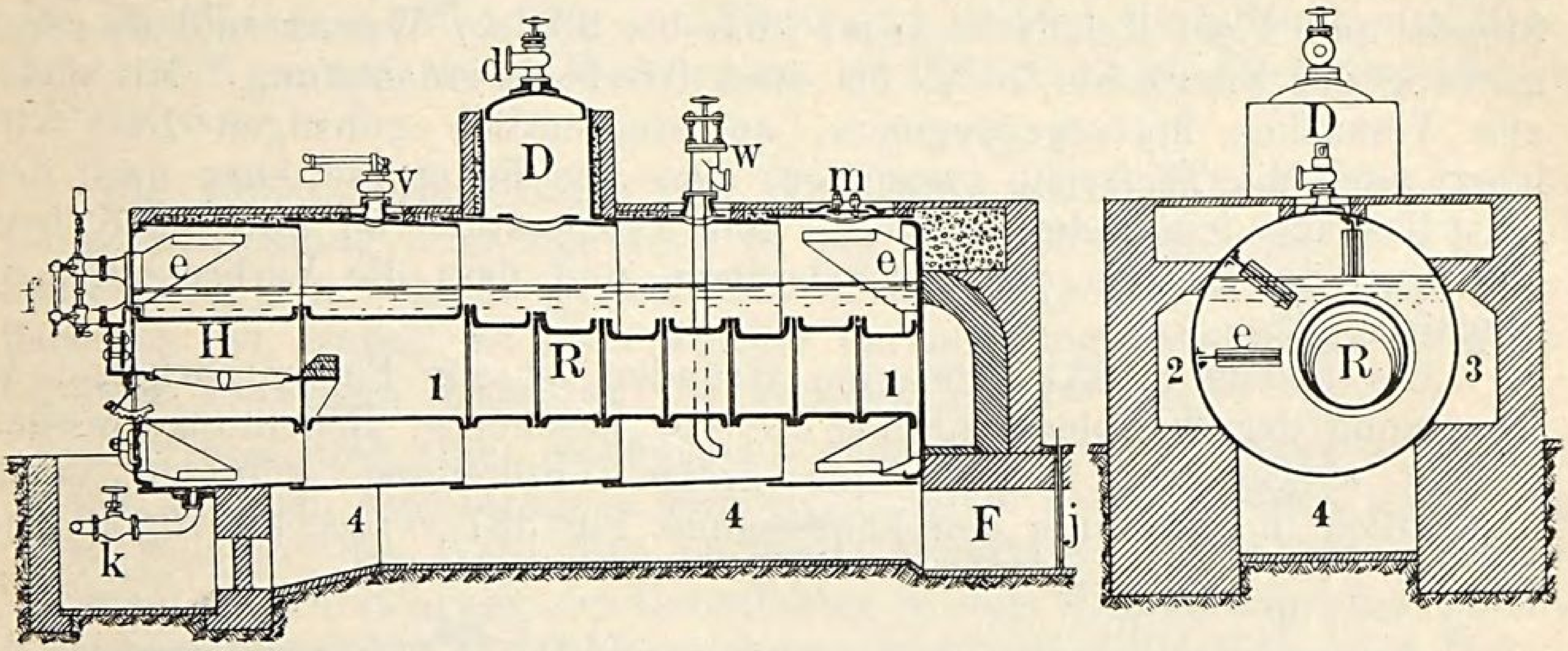


Fig. 366.

Das Flammrohr R besteht aus einzelnen etwa 50 *cm* langen Schüssen, deren Durchmesser 70 und 65 *cm*, also um 5 *cm* verschieden sind und so abwechselnd oben eine Verengung und eine Erweiterung herstellen. Diese Anordnung hat den Zweck, die Feuergase beim Durchziehen durch diesen ersten Feuerzug 1, 1 innig zu mischen und dadurch namentlich den inneren Teil des Feuerstromes mehr zur Wirkung zu bringen. Um dem Flammrohre eine genügende Beweglichkeit und Steifigkeit zu geben, sind die Schüsse ausserdem einzeln umgebördert und an den Stössen mit zwischen gelegten Ringen vernietet. Der mit Dom D, Dampfventil d, Sicherheitsventil v, Wasserstandsglas f, Mannloch m und Abblasestutzen k versehene Kessel wird durch ein Speiserohr w gespeist, welches von oben her bis in den Wasserraum hineingehängt ist. Die sehr einfache, zugleich zum Tragen des Kessels bestimmte Einmauerung schliesst oben mit einer Decke ab, unter der ein luftdichter Raum als Kesselwärmeschutz gebildet wird. Starke Eckstücke c, c schützen die ebenen Stirnflächen gegen ein Ausweichen. Die im Herde H auf einem Planroste entstehenden brennenden Gase, welche aus dem Flammrohre R als ersten Zug 1, 1 heraustreten, teilen sich am hinteren Ende des Kessels, strömen an den beiden Kesselseiten 2, 3 nach vorn, steigen hier unter den Kessel, bestreichen denselben längs des Zuges 4, 4 an der unteren Fläche und ziehen durch den Fuchs F und Rauchschieber j zum Kamin.

Der vorstehend beschriebene Kessel wird sowohl mit einem als mit zwei Flammröhren gebaut. Als Zweiflammrohrkessel erhält derselbe u. a. folgende Abmessungen: Kesseldurchmesser = 2,1 *m*; Kessellänge = 10 *m*, Flammrohrdurchmesser der ersten 3 Schüsse = 80 *cm*, deren Länge = 1116 *mm*, Wasserraum = 50 *cbm*; Dampfraum = 6 *cbm*; Rostlänge = 1,3 *m*; Rostbreite = 80 *cm*; Rostfläche = 2 × 104 = 2,08 *qm*; Heizfläche = 79,58 *qm*. Versuche mit diesem Kessel ergaben bei einer Dampfspannung von 3,45 *Atm.* in einer Stunde eine Verdampfung von 29,79 *kg* Wasser von 38° pro *qm*

Heizfläche bei einer Ausnutzung der Steinkohle von 73,5 % und etwa $8^1/_2$ facher Verdampfung.

Eine Vergrösserung dieses Kessels wird nur durch Verlängerung desselben und Vermehrung der Flammrohrschüsse hervorgebracht, während die Weiten dieselben bleiben. So dienen z. B. zu einem Kessel von 11,5 *m* Länge 16 Schüsse. Bei einem solchen Kessel betrug die Verdampfung pro Stunde und 1 *qm* Heizfläche sogar 30,5 bis 33,2 *kg* Wasser und die Ausnutzung der Steinkohle 76 % bei etwa 9 facher Verdampfung. Mit diesen aus Versuchen hervorgegangenen, ausserordentlich günstigen Resultaten hängt auch die Thatsache zusammen, dass die Feuergase kurz nach dem Austritte aus dem Rohre nur noch eine Temperatur von 450° und beim Verlassen des Kessels von 300° besitzen und dass die Verbrennung als rauchfrei gelten kann.

Aus bereits S. 331 erörterten Gründen ist für Flammrohrkessel die Benutzung der Wellblechröhren (Fox) von besonderer Bedeutung, weshalb hiermit ausgestattete Kessel eine grosse Verbreitung gefunden haben, namentlich in der durch den Längsschnitt Fig. 367 vergegenwärtigten Aus-

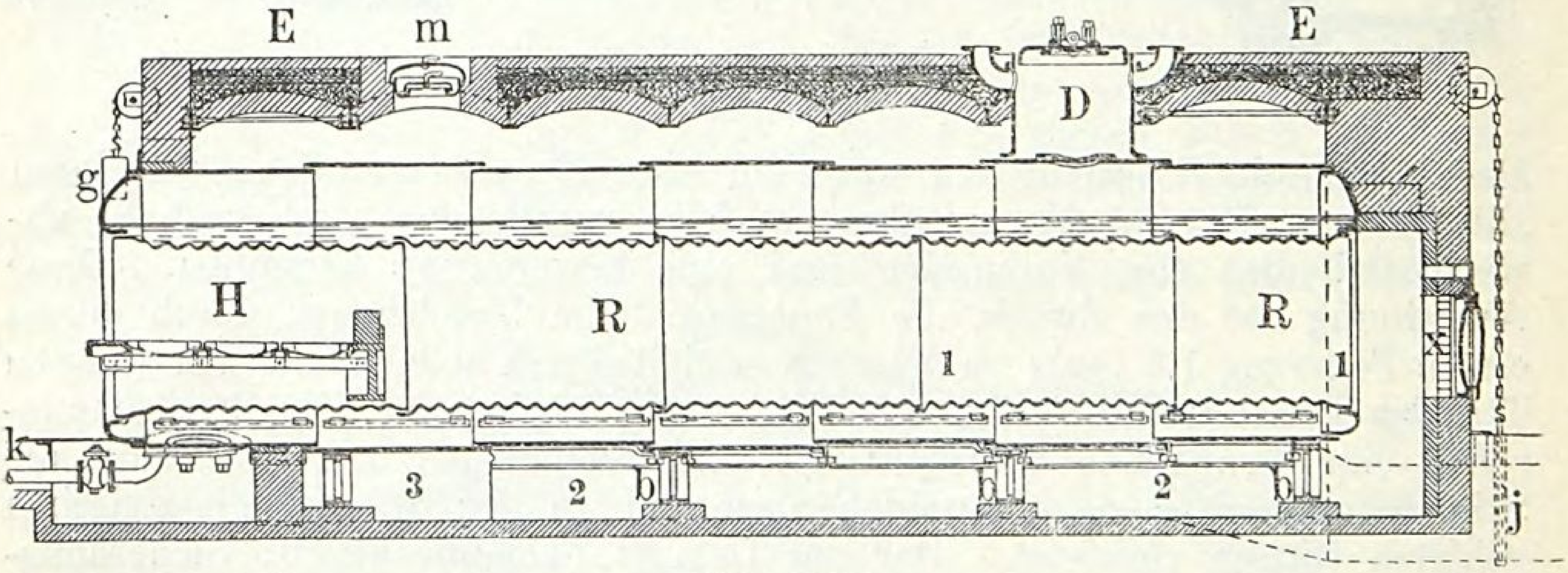


Fig. 367.

führung (Schulz-Knaudt). Der Kessel ist nach Art eines gewöhnlichen Walzenkessels gebaut und nur an dem vorderen Ende auf Mauerwerk, im Uebrigen auf Böcken b, b, b gelagert, mit einem Dom D, Mannloch m und Abblaserohr k versehen und gegen Abkühlung mittelst der Decke E E geschützt. Das Flammrohr R R ist aus 5 Schüssen gewellter Röhren gebildet, die unter sich neuerdings durch Schweissung verbunden werden. Bei Einflammrohrkesseln erhält das Flammrohr eine Seitenlage wie in Fig. 366 S. 405. In dem ersten Schuss liegt die Feuerung H, bestehend aus einem Planroste, einem Aschenfall und einer Feuerbrücke. Die Feuergase durchströmen das Wellrohr als ersten Zug 1, 1, gelangen dann an einer Seite 2, 2 des Kessels (dessen Unterzug durch eine zwischen den Böcken eingemauerte Zunge in 2 gleiche Kanäle geteilt ist) nach vorn, wenden sich durch den Querkanal 3 an die andere Seite des Kessels und ziehen von hier durch den punktirt angedeuteten Fuchs mit Rauchschieber j in den Kamin. Der Rauchschieber ist durch das Gegengewicht g ausgeglichen und leicht beweglich. Eine in der Hintermauer angebrachte Oeffnung x ermöglicht das Befahren des Kessels, in welchem sich ausserdem noch Winkeleisen zur Stützung des Arbeiters vorfinden.

Bei diesem Flammrohrkessel fällt die grosse Widerstandsfähigkeit des Wellrohres bemerkenswert in dem bedeutenden Durchmesser (bis 1,2 *m*) also breiter Rostfläche ins Auge, indem dieser Durchmesser so gewählt werden kann, dass selbst für Kessel von bedeutender Grösse ein Flammrohr ausreicht. Der vorstehend abgebildete Kessel hat z. B. einen Manteldurchmesser = 2,2 *m*; einen Flammrohrdurchmesser = 1,25 *m*, infolgedessen eine Rostfläche = 1,25 × 1,8 = 2,25 *qm* und bei 10 *m* Kessellänge eine Heizfläche = 86 *qm* mit einem Wasserraum = 19,1 *cbm* und einen Dampfraum von 6,5 *cbm*.

Die günstige Einwirkung des Wellrohres auf die Verbrennung und Dampfentwicklung zeigt sich auch in der Wahrnehmung, dass der Kessel bei Feuerung mit guter westfälischer Kohle 25 *kg* Dampf auf 1 *qm* Heizfläche in der Stunde bei etwa 9facher Verdampfung erzeugt und zwar bis zu einer zulässigen Spannung von 12 *Atm.* Ueberdruck.

Zur Erzielung einer vollkommen rauchfreien Verbrennung der Kohle ist bei manchen Ausführungen eine eigentümlich durchbrochene bis an die obere Wölbung des Wellrohres reichende Feuerbrücke eingebaut. — Auch hat man zur Vermehrung des Heizeffektes in dem Flammrohre einen Einbau von Chamottewänden in der Weise vorgenommen, dass die Gase beim Durchströmen des Flammrohres eine dreimalige Wendung machen müssen.

Eine sehr vorteilhafte Anordnung des Flammrohres entsteht durch eine Verbindung des Wellrohres mit der S. 404 beschriebenen Feuerung (Kuhn), wie Versuche mit einem solchen Kessel ergaben, dessen Hauptabmessungen folgende waren:

Länge des Kessels	6,8 *m*
Durchmesser des Kessels vorn	1,7 „
„ „ „ mitten und hinten . .	1,5 „
„ „ Flammrohres vorn	1,03 „
„ „ „ mitten und hinten .	750/850 *mm*
„ „ Querrohres	300/350 „

Heizfläche = 40 *qm*; Rostfläche = 0,56 *qm*.
Wasserinhalt = 5860 *l*; Dampfspannung = 6 *Atm.*

Die Feuerung war vollkommen rauchfrei; ein *kg* Kohle vom Heizwert = 7014 *WE*, verdampfte 7,65 *kg* Wasser mit einem Nutzeffekt = 75 %, bei einer stündlichen Verdampfung von 13,7 *kg* Wasser von 9,5 ° auf 1 *qm* Heizfläche und 5,8 *Atm.* Ueberdruck.

Zur Erklärung eines sog. Galloway-Kessels mag der in Fig. 368 im Längsschnitte, halben Querschnitte und halber Vorderansicht gezeichnete Zweiflammrohrkessel (Paucksch) dienen.

Der Walzenkessel ruht auf 3 Böcken b, b, b und mit dem vorderen Ende auf einem Teil der Einmauerung. In demselben liegen zwei glatte Flammröhren 1, 1 aus je 7 Schüssen zusammengesetzt, wovon die zwei ersteren den Herd H aufnehmen und zum Zwecke der Absteifung und Nachgiebigkeit durch umgebördelte Ränder mit zwischengelegten Ringen verbunden sind. In den vier letzten Stössen befinden sich 7 konische Querröhren q, q, rechtwinklig gegen einander versetzt. Die Feuerung besteht aus einem Planroste mit Feuerbrücke, Aschenfall und Feuerthür. Die Anordnung der Feuerzüge ist derart getroffen, dass die brennenden Gase nach

Verlassen des Flammrohres 1, 1 durch das Gewölbe h an beiden Seiten des Kessels durch die Züge 2 nach vorn strömen, um sodann unter dem Kessel durch die Züge 3, 3 und Fuchs F mit Rauchschieber j zum Kamin zu entweichen. Infolge der eingesetzten Röhren q, q erleidet der Flammenstrom eine fortwährende Wendung und Mischung, welche in Verbindung mit einem rechtwinkligen Anprallen an die Röhren und einer starken Wasserbewegung in diesen Röhren die günstige Dampferzeugung dieser Kessel erklärt, nach welcher stündlich 1 *qm* Heizfläche etwa 20 *kg* Wasser in Dampf von 5 *Atm.* Spannung verwandelt.

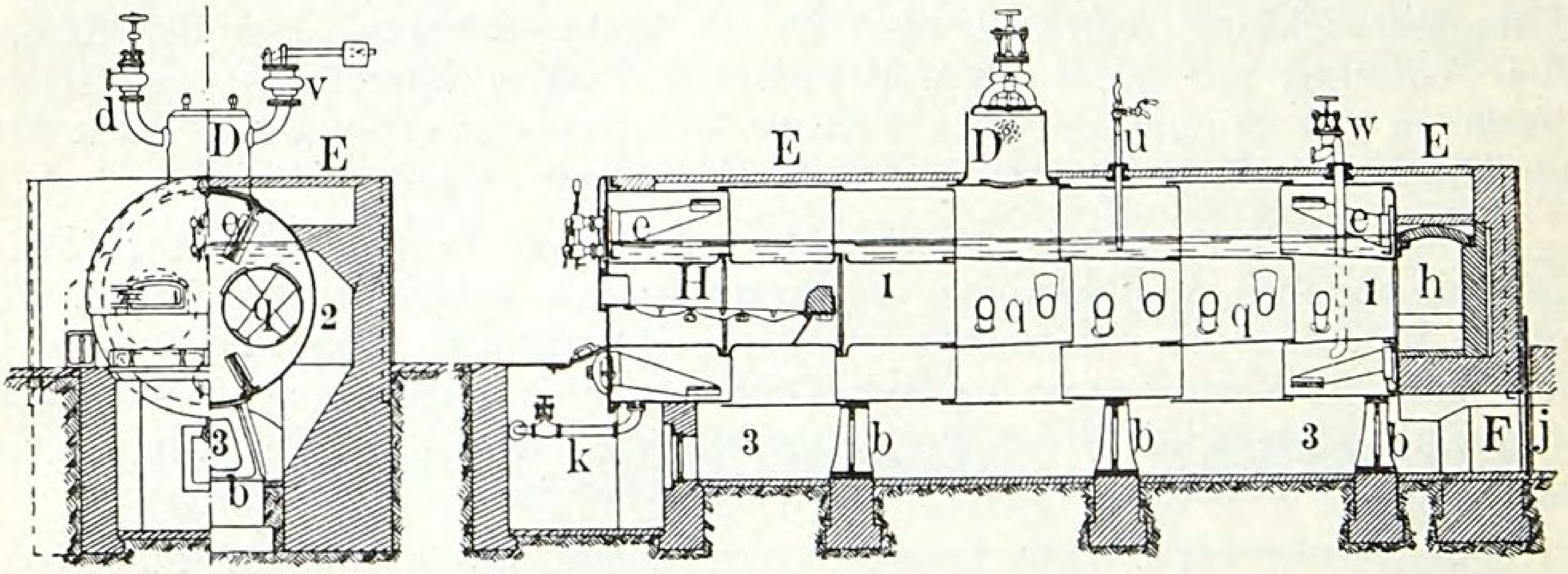


Fig. 368.

Der Dampf sammelt sich in dem durch die Decke E E gegen Abkühlung geschützten Dampfraum des Kessels und gelangt durch den Dom D in die Leitung d. Die Speisung erfolgt bei w, das Abblasen bei k. Weil wegen des bequemeren Befestigens der Flammröhren die Stirnflächen des Kessels eben gelassen sind, so bedürfen dieselben starker Eckstücke e e zur Absteifung mit dem Kesselmantel. Neben dem Sicherheitsventil v, Manometer und Wasserstandsglas ist bei u noch ein Speiserufer (S. 139 Fig. 196) vorhanden.

Da sich durch die Querröhren eine genügende Absteifung der Flammröhren erreichen lässt, so ist man, um eine grosse Rostfläche zu gewinnen und um sich auf ein Flammrohr beschränken zu können, vielfach zu einem elliptischen Querschnitte mit mehreren Reihen von Gallowayröhren übergegangen.

Ausserordentlich günstig hat sich bei den Gallowaykesseln die Anbringung der oben erwähnten Feuerung (Fig. 364 S. 404) erwiesen, wie Versuche mit einem Kessel (Kuhn) mit 5 Röhren ergeben haben, dessen Hauptabmessungen folgende waren:

Länge des Kessels	8,32 *m*
Durchmesser des Kessels vorn	2,20 „
„ „ „ mitten und hinten . .	1,90 „
„ „ Flammrohres vorn	1,46 „
„ „ „ mitten und hinten	1,00 „
„ „ Querrohres	4.50 und 5,50 *mm*

Heizfläche = 65 *qm*; Rostfläche = 1,2 *qm*.

Ein zehnstündiger Versuch ergab eine Verdampfung in der Stunde auf 1 *qm* Heizfläche 17,97 *kg* Wasser bei einer mittleren Temperatur von 55,6 °

und einer mittleren Spannung von 6,5 *Atm.*; als Verdampfungskraft (S. 270) 11,2 Wasser auf 1 *kg* Kohle (vom Heizwert 8104 *WE*) und als Nutzeffekt der Anlage 83,2 %. Die Temperatur der Rauchgase beim Verlassen des Feuerrohres betrug 311°, beim Eintritte in den Fuchs 204°.

Zu den Flammrohrkesseln sind auch jene beliebten aufrecht stehenden Kessel für kleine Betriebe zu rechnen, bei welchen sich im Kessel ein cylindrischer nach oben sich erstreckender Herd befindet, der von Wasser umgeben und in der Regel mit einem durch den Wasser- und Dampfraum gehenden Abzug und mit Querröhren zur Beschaffung der notwendigen Heizfläche versehen ist. Als Muster dieser Kesselgattung kann der in Fig. 369 skizzirte (Lachapelle) gelten. Man erkennt in k, k den eigentlichen Kessel mit dem Dampfraum D und der Heizthür t. Etwa 3/4 der Kesselhöhe wird von dem sehr weiten Flammrohre mit dem Herde H, dem runden Planroste r und dem Abzugsrohre F eingenommen. Drei im Kreise gleichmässig verteilte Querröhren q, q, q wirken in äusserst günstiger Weise als Gallowayröhren, weshalb eine rasche Entwicklung des Dampfes stattfindet, der in dem Dampfraum D durch das Rohr F noch eine Trocknung erfährt. Der Kessel bedarf zur Aufstellung nur eines kräftigen Ringes aus Gusseisen und kann demnach leicht überall angebracht werden. Zum leichten Reinigen ist vor jedem Querrohre q, sowie oben und unten in dem Kesselmantel ein nach Art der Mannlöcher geschlossenes Räumloch notwendig. — Diese Kessel erhalten in der Regel solche Grössen, dass es möglich wird, das Flammrohr oder die Feuerkiste vollständig durch Schweissen herzustellen und auch die Querröhren einzuschweissen, wodurch das früher häufig sehr störende Auftreten des Leckwerdens ausgeschlossen ist.

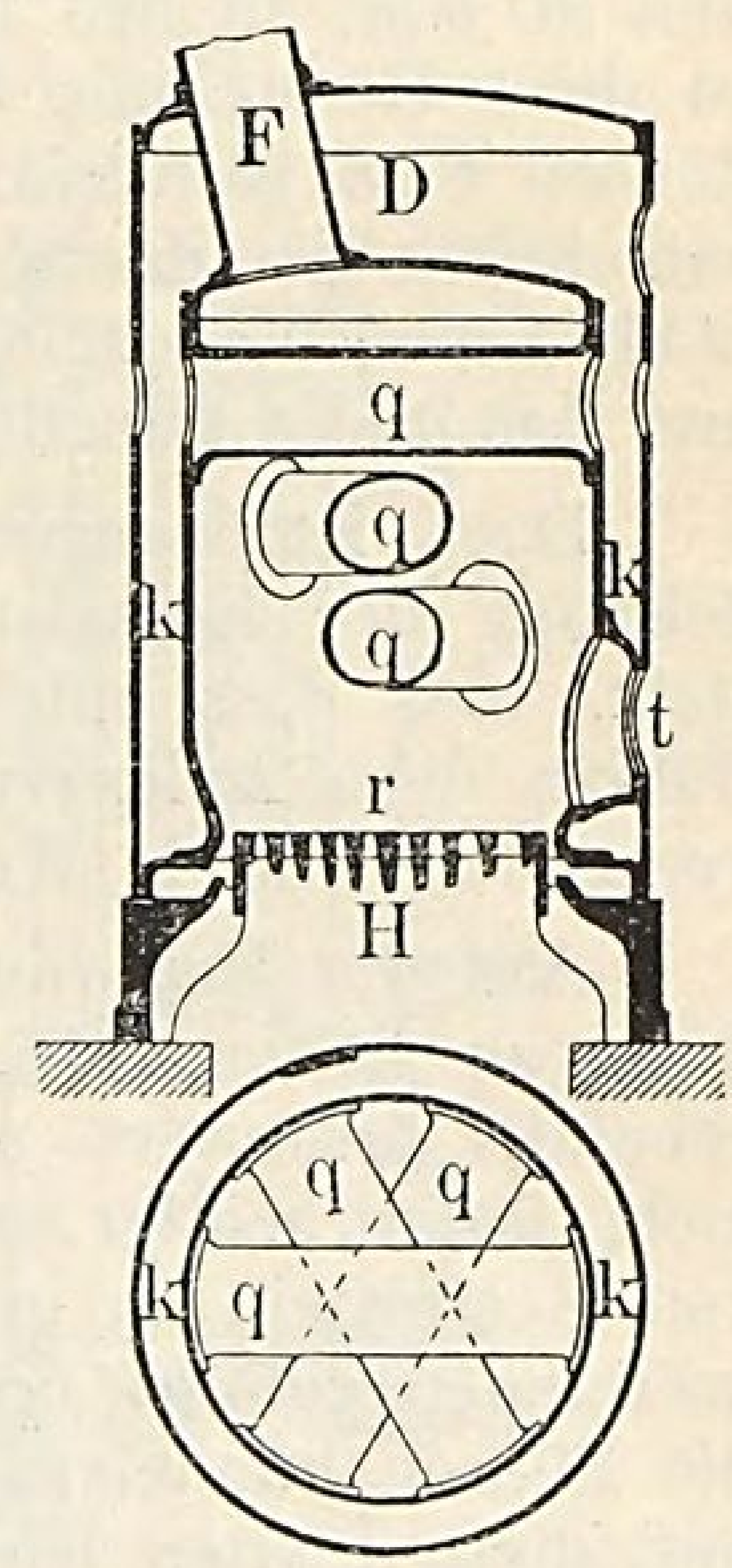


Fig. 369.

V. *Heizröhrenkessel.*

Diese kurzweg Röhrenkessel genannt stehen den Wasserröhrenkesseln insofern gegenüber, als ihr Wesen in der Anwendung einer grösseren Anzahl von Röhren liegt, welche aber nicht von Wasser, sondern von den brennenden Gasen durchströmt werden. Sie sind demnach auch als eine weitere Entwicklungsstufe der Flammrohrkessel anzusehen, da sie, wie Fig. XI und XII S. 385 erkennen lassen, der Hauptsache nach aus einem Cylinderkessel bestehen, in dessen Innerem statt 1 oder 2 Flammröhren eine grössere Zahl Feuer-, Heiz- oder Rauchröhren F von kleinem Durchmesser untergebracht ist (Heiz- oder Rauchröhrenkessel), deren gesammte innere Fläche als Heizfläche dient.

Die Anwendung einer grösseren Anzahl von Heizröhren bietet zunächst den grossen Vorteil, dass man, z. B. in Vergleichung mit einem einzigen Flammrohre, ohne Vermehrung des Raumes eine sehr bedeutende Ver-

grösserung der Heizfläche erzielen kann. Wählt man u. a. statt eines Flammrohres von 1 *m* Durchmesser 50 Heizröhren von 5 *cm* Durchmesser, so wird, gleiche Längen vorausgesetzt, die Heizfläche 2,5 mal grösser.

Zu diesem Vorteil tritt noch der günstige Umstand hinzu, dass die Heizgase infolge ihrer Verteilung auf die einzelnen Röhren besser zur Ausnutzung gelangen, als wenn sie in einem einzigen dicken Strom das Flammrohr oder die Züge durchziehen, weil in diesem Fall der Kern des Stromes wenig Gelegenheit hat, die Wärme abzugeben.

Beide Vorteile steigen mit der Zunahme der Röhrenzahl; diese Zunahme aber hat die Wahl kleiner Durchmesser zur Voraussetzung. Deshalb giebt man den Heizröhren durchschnittlich nur Durchmesser zwischen 42 und 90 *mm*, in den meisten Fällen etwa 50 *mm* und benutzt als Material zu ihrer Herstellung Schmiedeisen oder Stahl (geschweisste oder gewalzte Röhren S. 81), in einigen Fällen Messing. Die hohe Widerstandsfähigkeit, namentlich der ersten beiden Materialien, gestattet sodann weiter geringe (2 bis 4 *mm*) Wandstärken der Heizröhren selbst bei hohen Pressungen (S. 80) und damit die günstigsten Verhältnisse für den Wärmedurchgang.

Doch ist dagegen nicht ausser Acht zu lassen, dass auch die Ausdehnung der Kesselsteinablagerungen im Verhältnisse zu der Heizfläche steht, und dass infolgedessen und wegen der geringen Wandstärke der Röhren diese Ablagerungen hier besonders störend auftreten, und möglichst vermieden (durch Wasserreinigung S. 282) oder beseitigt werden sollten.

Auf die Entfernung des Kesselsteins wird bei diesen Kesseln um so mehr zu halten sein, als in denselben das Aufsteigen der Dampfblasen ebenfalls erschwert und damit zugleich die Wärmeleitungsfähigkeit noch mehr beeinträchtigt ist. Das Bestreben, das schwierige Reinigen der Röhren von Kesselstein zu erleichtern, hat zu mehreren hierauf bezüglichen Anordnungen geführt, unter welchen die wichtigsten darin bestehen, dass man die Röhren bündelartig an beiden Enden in besonderen Platten befestigt und diese Platten leicht lösbar, also durch Schrauben, mit den Kesselstirnwänden verbindet, oder dass man die sämtliche Röhren aufnehmenden Stirnwände mit dem Kesselmantel verschraubt, um das Röhrenbündel nach Lösung dieser Schrauben herausziehen zu können (ausziehbare Kessel). Vielfach findet man die Röhren in zwei bis vier Bündeln (in zwei Flammröhren) verteilt, zwar fest in den Rohrwänden, jedoch in der Weise angebracht, dass zwischen den Bündeln ein genügend grosser Reinigungsraum bleibt.

Wenn zwar die Heizröhrenkessel sich ihrer Natur nach besonders zur schnellen und regelmässigen Dampfentwicklung eignen und demgemäss auch in erster Linie für die Fälle bestimmt waren, in welchen eine solche Dampfentwicklung notwendig ist (Lokomotiven), so finden sie doch auch ausgedehnte Verwendung da, wo es darauf ankommt, grosse Heizflächen in einem kleinen Raume zu gewinnen (Schiffe, Lokomobilen, Feuerspritzen), namentlich auch in Verbindung mit anderen Kesselsystemen als feststehende (stationäre) Kessel.

In der Grundlage sehr einfach, lassen doch die Heizröhrenkessel eine grosse Mannigfaltigkeit in der Durchführung zu und weisen dementsprechend verschiedene Formen und Systeme auf, die jedoch wesentlich auf die Lage

des Kessels (wagerecht, senkrecht, schräg) auf die Anlage der Feuerung (Unter-, Vor- und Innenfeuer) auf die Aufstellung (mit Einmauerung oder frei) und auf die zahlreichen Kombinationen mit anderen Kesselsystemen zurückzuführen sind.

Eine einfache liegende Form geht aus Fig. XI und XII (S. 385) hervor. Sie stellt einen eingemauerten Röhrenkessel mit Unterfeuer dar, bei dem die auf dem Planroste A entwickelten Feuergase zuerst in dem Zuge 1, 1 die äussere Kesselfläche umspülen, dann die Feuerröhren F durchströmen, um zuletzt durch 3 und 4 über dem Kessel her in den Kamin zu gelangen, zu dem ein absteigender Fuchs führt.

Für kleine Betriebe sehr beliebt ist der im Längsschnitte Fig. 370 gezeichnete, stehende Heizröhrenkessel (Söding). Der eigentliche Kessel K K ruht mittels einer starken Fundamentplatte P P auf einem Mauerwerke als Fundament. Der untere Teil des Kessels dient zur Aufnahme der Feuerung H, welche von einem runden Planroste r abgeschlossen wird, der über dem im Mauerwerke angebrachten Aschenfall A liegt und durch die Feuerthür t zugänglich ist. Der obere Teil des Kessels enthält in Kreislinien geordnet die Heizröhren o o, welche die Feuerbüchse H unmittelbar mit dem Fuchs F und dem Kamin S zum Abziehen der Feuergase verbinden. Der Kessel K ist so viel weiter, dass zwischen der Feuerbüchse und dem Kessel noch ein ringförmiger Wasserraum bleibt, dem die Wärme direkt aus der Feuerung zugeht. Die Heizröhren o o liegen mit den oberen Enden im Dampfraum und dienen zugleich dadurch als Dampftrockner. Zum Reinigen der Röhren im Innern mittels Stahldrahtbürsten sind in der Haube F mehrere (4) Verschlüsse v, v, zum Reinigen der Röhren vom Kesselstein im Kessel selbst mehrere grössere Putzlöcher p angebracht. Die Beseitigung des in dem unteren Teil des Kessels sich ansammelnden Schlammes erfolgt durch Putzlöcher u, u. Um das Durchbrennen der Bleche unmittelbar über dem Rost zu vermeiden, ist es gerathen, bei s s einen Chamottering einzulegen. — Sehr zweckmässig wird der Kessel oft aus zwei Teilen hergestellt, wovon der obere zum Abnehmen eingerichtet ist, um die Reinigung ausgiebig und leicht vornehmen zu können. — Auch empfiehlt sich eine Umhüllung dieses Kessels mit einer Wärmeschutzmasse (S. 92).

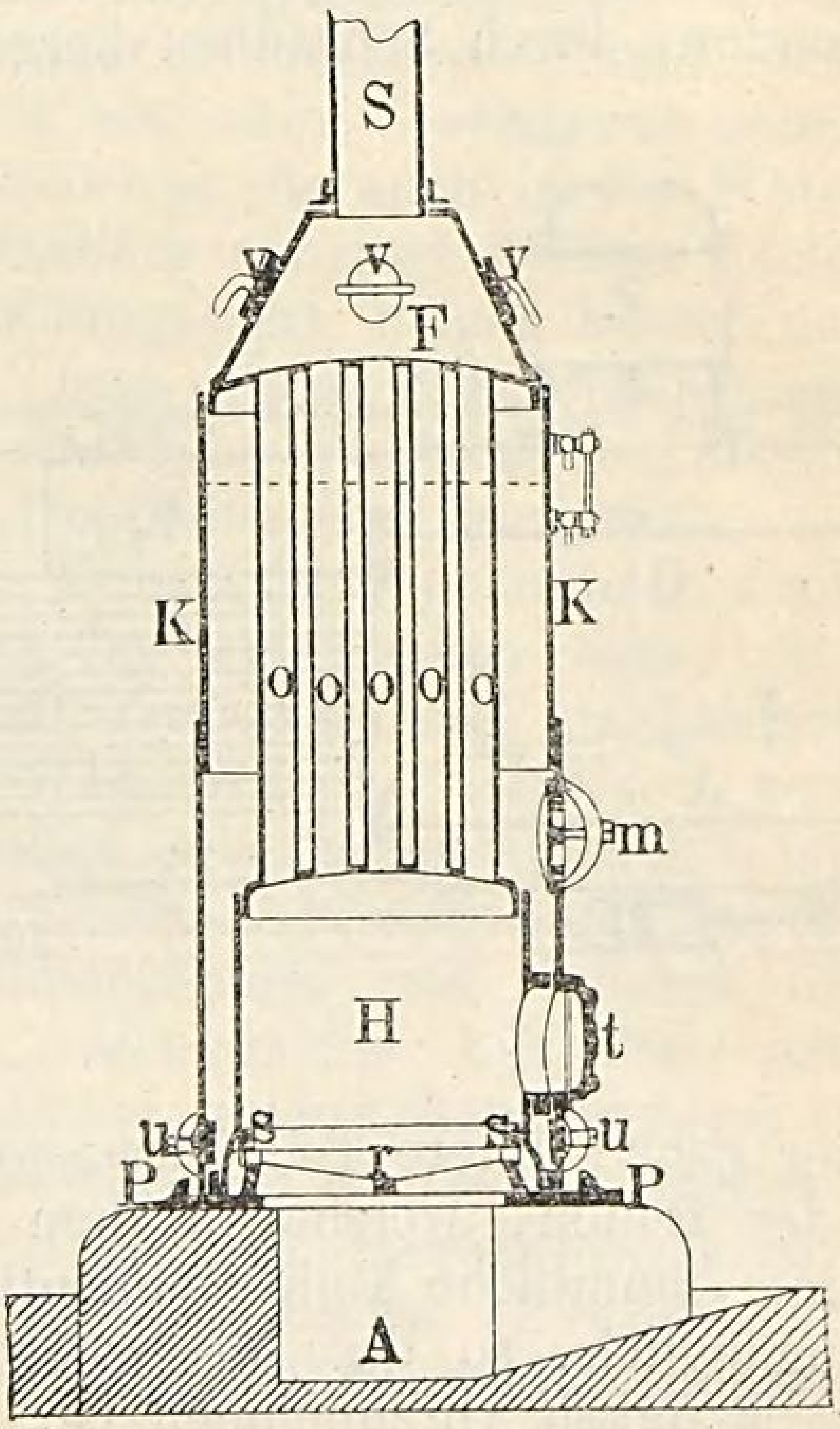


Fig. 370.

Als Muster eines ausziehbaren Röhrenkessels kann der in Fig. 371 skizzirte (Wolf) gelten. Derselbe gehört zu den freiliegenden, transportablen Kesseln, insofern als jede Einmauerung fehlt und nur zwei kräftige Tragstühle T zur Aufstellung dienen und als mit dem Kessel die Esse S unmittelbar verbunden ist. Der Feuerraum wird von einem besonderen kurzen Cylinder C (Feuerbüchse, Feuerkiste) gebildet, indem ein gewöhn-

licher Planrost r mit Feuerbrücke B auf eingenieteten Trägern ruhend angebracht ist. Hinter der Feuerbrücke wird die Feuerbüchse von einer Platte a a (Rohrplatte) abgeschlossen, welche das Heizröhrenbündel R aufnimmt und mit der Rohrplatte b b korrespondirt, in welcher diese Röhren mit dem anderen Ende befestigt (eingewalzt) sind. Die aufgenietete Stirnwand c c der exzentrisch im Kessel liegenden Feuerbüchse C hat die Form einer runden Scheibe mit Ausschnitten für den Aschenfall A und die Aufgebethür t. Die Teile c, C, a, R und b bilden somit ein zusammenhängendes Ganze, das mittels der Stirnwand c c und der Rohrwand b b mit den Stirnplatten d d und e e des eigentlichen Kessels K Verbindung erhalten. Die Verbindung der Platten c und b mit e und d wird nun nicht durch Niete, sondern durch Schrauben hergestellt, so dass nach Lösung dieser Schrauben

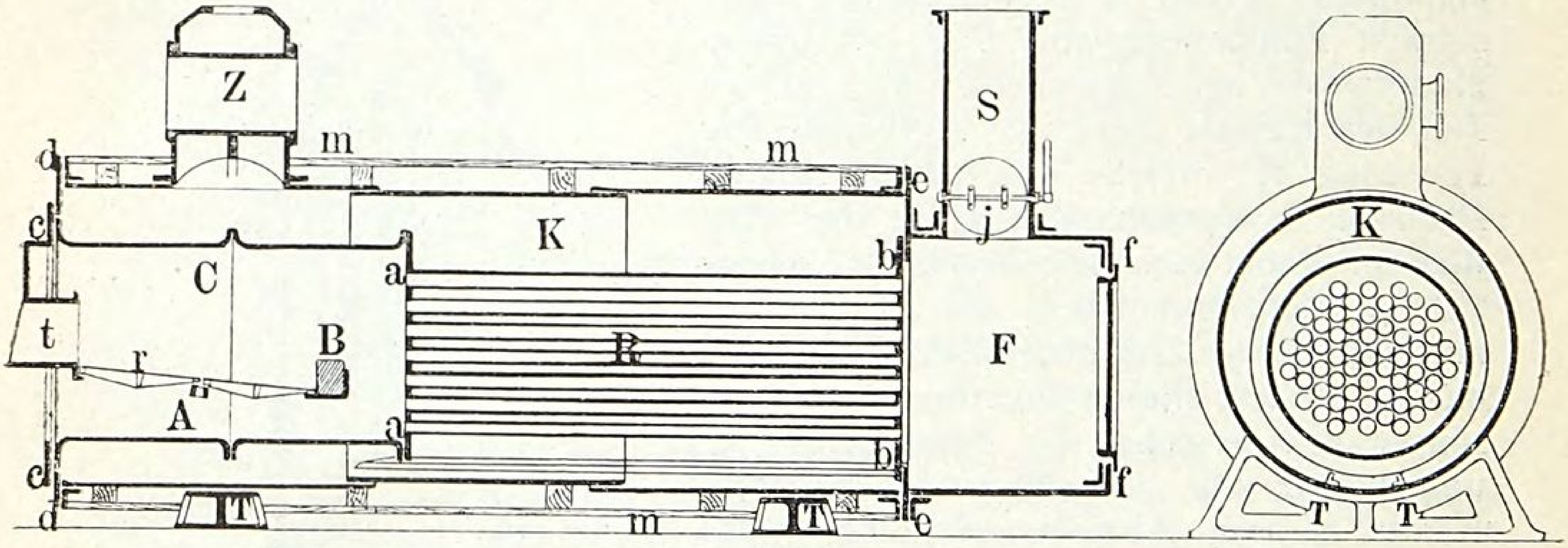


Fig. 371.

der ganze innere Teil herausgezogen werden kann und zwar auf Schienen oder Rollen, welche in dem Kessel K angebracht sind. Herausgezogen sind sämmtliche Teile, namentlich die Röhren vollkommen freiliegend und zugänglich, so dass die gründlichste Reinigung mit Leichtigkeit und Zuverlässigkeit vorzunehmen ist.

Infolge des heftigen Ausströmens der Feuergase aus den Heizröhren werden unverbrannte und brennende Teile (Flugasche und Funken) mit fortgerissen, deren Beseitigung durch die in der Regel nur kurze Esse unstatthaft ist. Aus dem Grunde bringt man zwischen Kessel und Esse einen grösseren Raum F an, in dem die mitgerissenen Teile Gelegenheit finden, sich abzusetzen. Dieser Raum, welcher als ein grosser Aschensack angesehen werden kann, heisst Rauchkiste oder Rauchkammer und bildet einen kurzen Cylinder, welcher an der Stirnwand e e angenietet und an dem Ende f f mit einer Bodenplatte verschlossen ist, in der sich eine so grosse Thür befindet, dass man nach Oeffnen derselben nicht nur die Flugasche aus F entfernen, sondern auch sämtliche Röhren zum Putzen mittels Drahtbürsten erreichen kann. — Der Abzug S besteht aus einer Blechröhre mit Regulirdrehklappe j. — Da über dem Kessel die Dampfmaschine liegt, dessen Cylinder mit Z bezeichnet, so erfolgt die Dampfentnahme nicht mit Hilfe eines Domes, sondern unmittelbar in die Dampfkanäle. — Zum Schutze des Kessels gegen Wärmeausstrahlung ist derselbe mit einem Holzmantel m umgeben.

Ein Kessel dieser Art mit 92 Heizröhren von 57 *mm* Durchmesser, 42,1 *qm* Heizfläche, 0,613 *qm* Rostfläche, mit 4000 *l* Wasser, bei einer Vorwärmung des Wassers von 54 ⁰ und einem Brennwert der Steinkohle von 7325 *WE* ergab eine Verdampfung von 6,6 *kg* Wasser auf 1 *kg* Kohle, von 10,14 *kg* Wasser auf 1 *qm* Heizfläche in der Stunde bei 5,53 *Atm.* Kesseldruck und einen Nutzeffekt von 55,9 %.

VI. Zusammengesetzte Kessel.

Der Dampferzeuger eines Röhrenkessels mit Innenfeuer ist streng genommen aus einem kurzen Flammrohre (der Feuerkiste C) und dem Röhrenbündel B zusammengesetzt und somit als eine Vereinigung eines Flammrohrkessels mit einem Röhrenkessel anzusehen, die auch in der Weise erfolgen kann, dass man die Kessel über einander anbringt. Eine solche Vereinigung bietet die Möglichkeit mit Umgehung sehr langer Kessel auf einer kleinen Bodenfläche grosse Heizflächen und grosse Wasserräume mit weitgehender Ausnutzung der Brennstoffe, also sehr vorteilhafte Anlagen zu gewinnen und ist die Grundlage von „Doppelkesseln“ geworden, die auch für sehr bedeutende Betriebe häufig zur Verwendung gekommen sind.

Bei dem Bau dieser Doppelkessel wird im allgemeinen daran fest gehalten, den Unterkessel als Flammrohr- und den Oberkessel als Röhrenkessel auszuführen, aber b e i d e Kessel mit Wasser- und Dampfraum auszustatten und sodann die Wasserräume sowohl als die Dampfräume mit einander in Verbindung zu setzen, einerseits um das Aufsteigen der Dampfblasen vom Unterkessel in den Oberkesseldampfraum und dadurch die Bildung trockenen Dampfes zu befördern, andererseits um den ausgeschiedenen Schlamm der leichteren Beseitigung wegen hauptsächlich in den Unterkessel zu schaffen. Nicht ohne Bedeutung ist hierbei zugleich die Vergrösserung des Wasserspiegels und damit der Dampfentwicklung.

Die Einrichtung eines solchen bewährten Doppelkessels (P i e d b o e u f) zeigt Fig. 372 im Längsschnitte. Der Oberkessel O trägt das Röhrenbündel R, der Unterkessel U das Flammrohr 1 mit dem Feuerraum H. Die Wasserräume beider Kessel sind durch den Stutzen E verbunden und zwar mit Hilfe einer Wand p, welche quer durch den Unterkessel geht und an dessen Mantel dampfdicht vernietet ist. Diese Wand reicht mit der Unterkante so tief hinab, dass sie den Dampfraum in einen grösseren vorderen I und einen kleinen hinteren Teil II trennt. In ersterem sammelt sich der Dampf, da der Aufgang desselben durch den Stutzen E in den Oberkessel mittels der Wand verhindert ist. Die Dampfräume beider Kessel stehen durch das Standrohr a a mit einander in Verbindung, welches beim Eintritte in den Unterkessel einen Ventilverschluss bekommt, der, durch einen Schwimmer geregelt, bei einem bestimmten Wasserstande die Ableitung des Dampfes selbstthätig bewirkt und regelt. Dieser Wasserstand entsteht durch den Druck des im Raume I befindlichen Dampfes, der das Wasser so lange in den Raum II drückt, bis er durch a a entweichen kann. Weil der in II erzeugte Dampf durch den Stutzen E in den Oberkessel tritt, so bleibt dieser Teil des Unterkessels stets mit Wasser gefüllt, wodurch es zugleich ermöglicht ist, die hintere Stirnwand des Unterkessels dem Feuer auszusetzen.

Die Feuerung besteht aus einem Planrost r mit Aschenfall A und den Ofenthüren t und u. Die Heizgase passiren die Feuerbrücke, den ersten Zug 1 im Flammrohr, steigen in dem zweiten Zuge 2,2 aufwärts, an der eingesetzten Zunge z vorbei, durchströmen die Feuerröhren R, umspülen den Oberkessel, indem sie in den Raum 3, 3 eintreten und ziehen sodann abwärts, den Unterkessel berührend, in den Zug 4, 4 und den Fuchs F mit Rauchschieber j, um zum Kamin zu gelangen. — Diesen Feuerzügen entspricht auch die Einmauerung, indem sie, so weit es erforderlich ist, alle von Dampf berührten Wandflächen der Einwirkung der Flamme entzieht. — Der Dampf wird wie gewöhnlich durch einen Dom D abgelassen, der Schlamm durch das Abblaseventil k. Ein Mannloch m macht den Unterkessel, die Thür y das Rohrbündel, der Schieber z das Flammrohr zum Ausräumen zugänglich.

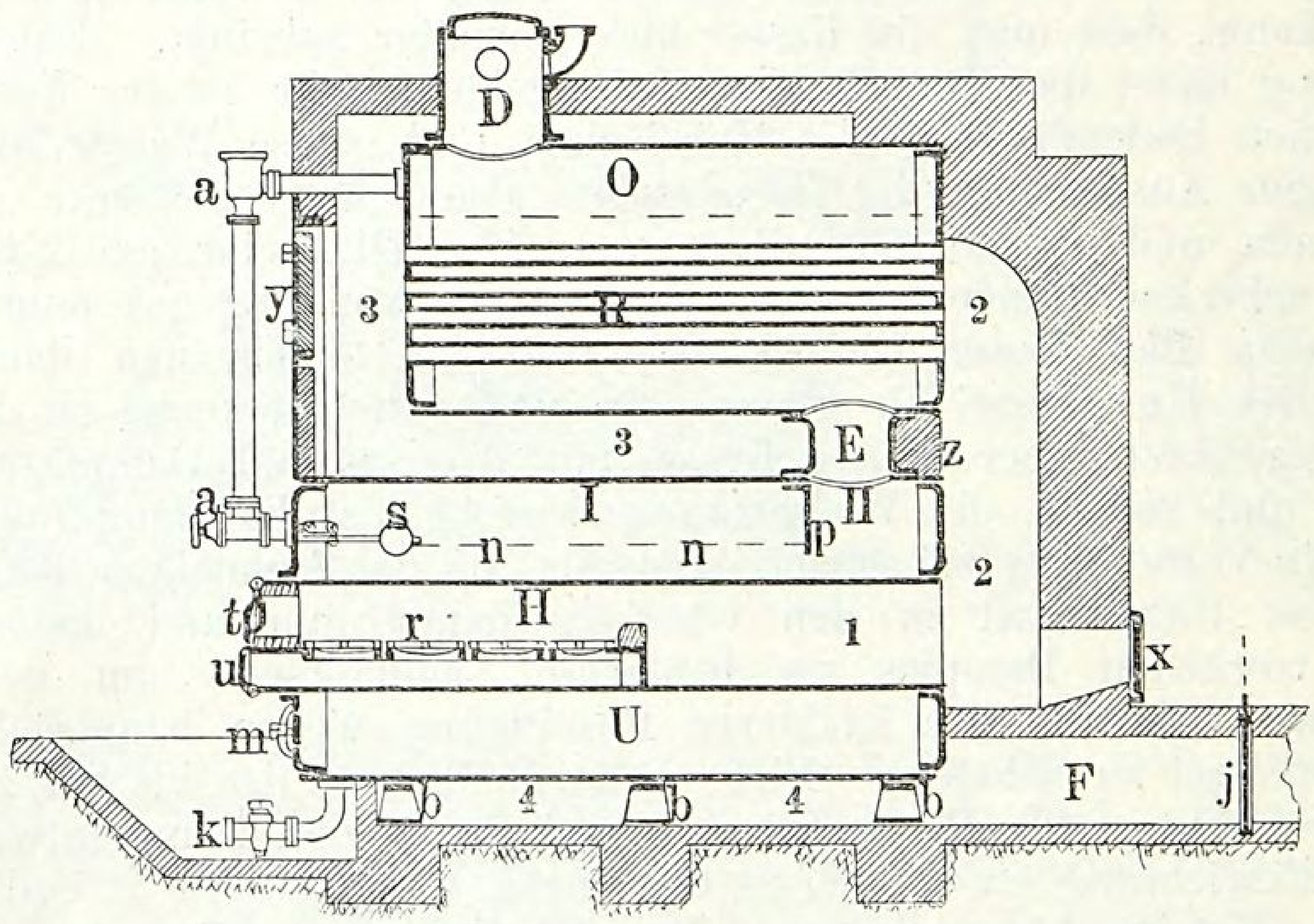


Fig. 372.

Eine andere sehr beliebte Verbindung von Walzenkesseln mit Feuerröhren wird erhalten, wenn man (Fig. XV S. 385) horizontale Kessel mit vertikalen Heizröhren durchsetzt und mit Unterfeuer ausstattet. Die Grundlage einer solchen Vereinigung geht aus derselben Fig. hervor. An den horizontalen Walzenkessel O ist ein vertikaler Röhrenkessel F angesetzt und unter diesem noch ein dritter U angebracht, der als Unterkessel angesehen werden kann. Als Feuerung dient ein gewöhnlicher Planrost A. Das Feuer umspült den Kessel O durch den Zug 1 die Oberfläche des Kessels F und bis zur Wasserlinie, steigt sodann abwärts, berührt die Unterkessel U, durchströmt die Heizröhren des Kessels F und zieht durch den Kanal 3 und den Fuchs mit Regulirklappe ab. Der Dampf beider Kessel O und F sammelt sich in dem Dom D.

Die konstruktive Durchführung einer aus vier solchen Kesseln gebildeten Anlage (Dupuis) mit ihren Einzelheiten und verschiedenen Abweichungen von der erwähnten Anordnung ist aus Fig. 373 zu ersehen. Der Hauptkessel K von 8 *m* Länge und 1,25 *m* Durchmesser steht durch zwei grosse Oeffnungen im Wasser- und Dampfraum mit dem vertikalen Heizröhren-

kessel R von 3 *m* Höhe und 2 *m* Durchmesser in Verbindung, so dass einerseits eine ungestörte Mischung des Wassers, andererseits ein Ansammeln des Dampfes in dem oberen Raum des Röhrenkessels R erfolgen kann. Dieser obere Raum ersetzt den Dampfdom und ist mit einer direkten Dampfableitung d versehen. Statt eines Unterkessels hat man sich hier mit einem grossen Schlammsack begnügt, der unter dem Röhrenkessel R liegt und durch das Rohr k abgeblasen werden kann.

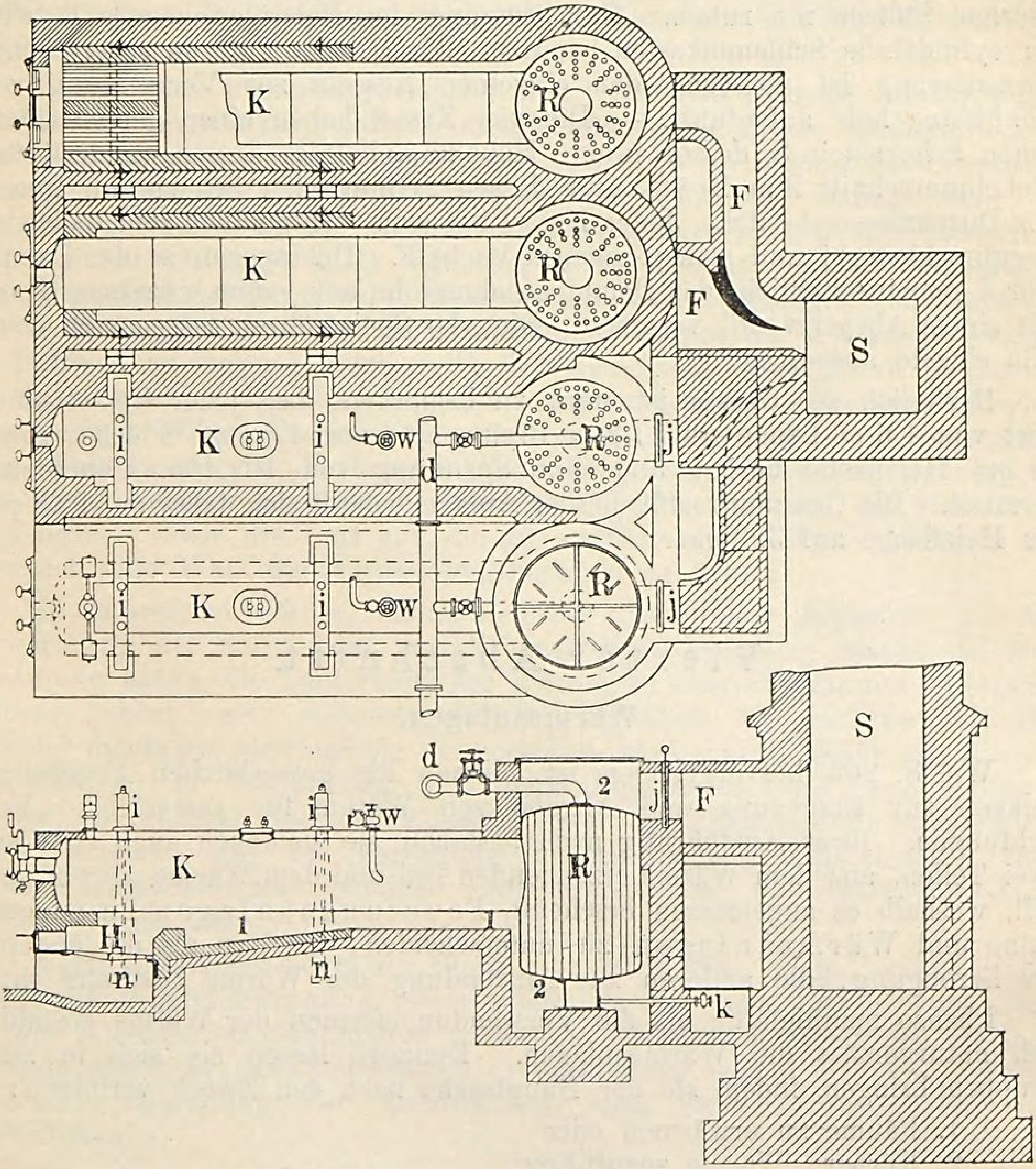


Fig. 373.

Als Feuerung dieser Anlage hat man eine gewöhnliche Planrostfeuerung H gewählt. Die brennenden Gase bestreichen die beiden Kessel K und R bis zur Feuerlinie längs des Zuges 1, 1, gelangen dann in dem zweiten Zuge 2,2 zu den Feuerröhren R und darauf bei geöffnetem Rauchschieber j durch den Fuchs F in den Schornstein S. Indem sie auf diesem Wege nicht nur die mit den oberen Enden in dem Dampfraum

liegenden Heizröhren, sondern auch den oberen Teil des Kesselmantels und den Anfang des Dampfrohres berühren, findet zugleich ein ausreichendes Trocknen des Dampfes statt. Die Speisung erfolgt im Hauptkessel durch das Ventil w und ein unter den Wasserspiegel reichendes Speiserohr.

Der Hauptkessel K ruht mit der Stirn auf einem Mauergewölbe, welches zugleich die vordere untere Kesselfläche gegen die erste Glut des Feuers schützt. Ausserdem wird er mittels je zwei Hängeschienen an zwei gusseisernen Bögen i i getragen, die auf je zwei in dem Mauerwerke angebrachten gusseisernen Stützen n n ruhen. Zur Stützung des Heizröhrenkessels R wird der cylindrische Schlammkasten benutzt. Die aus den Figuren zu ersehende Einmauerung ist zwischen den einzelnen Kesseln zur Vermeidung von Abkühlung hohl aufgeführt. — Die vier Kessel haben einen gemeinschaftlichen Schornstein S, dessen innere Höhe 25 *m* beträgt, dessen quadratischer Sockelquerschnitt 2 *m* Breite und dessen cylindrischer Schacht im Innern 2 *m* Durchmesser besitzt. Jeder Kessel hat selbstverständlich seinen eigenen Regulirschieber j und seinen eigenen Fuchs F. Dahingegen ist das Dampfrohr d gemeinschaftlich, das Dampfentnahmerohr aus jedem einzelnen Kessel mit einem Absperrventil versehen. Die vier Speiseröhren lassen sich ebenfalls einzeln absperren.

Bezüglich der Grösse ist noch zu bemerken, dass jeder Kessel einen Rost von 1,6 *m* Länge und 1,2 *m* Breite, also von 1,82 *qm* Fläche, sowie 80 *qm* Heizfläche besitzt und eine Spannung von 10 *Atm.* Ueberdruck gestattet. Die Gesammtrostfläche der Anlage beläuft sich daher auf 7,28 *qm*, die Heizfläche auf 320 *qm*.

Vierter Abschnitt.

Wärmeanlagen.

Wie S. 269 hervorgehoben ist, dienen die gewerblichen Feuerungsanlagen zur Erzeugung und Abgabe von Wärme für gewerbliche Verrichtungen. Ihrer Ausführung nach bestehen sie demnach auch stets aus zwei Teilen, aus dem Wärme erzeugenden Teil und dem Wärme abgebenden Teil, weshalb es angemessen erscheint, Feuerungsanlagen im engeren Sinne und Wärmeanlagen zu unterscheiden, insofern als die ersteren zur Erzeugung, die anderen zur Anwendung der Wärme bestimmt sind.

Ebenso mannigfaltig als die Verwendungsformen der Wärme gestalten sich naturgemäss die Wärmeanlagen. Dennoch lassen sie sich in zwei Gruppen bringen, indem sie der Hauptsache nach den Zweck verfolgen:

1. Räume zu erwärmen oder
2. Körpern Wärme zuzuführen.

Die Erwärmung von Räumen beschränkt sich auf solche Räume, in welchen sich Menschen aufzuhalten pflegen (Wohn- und Arbeitsräume) oder in welchen gewisse Vorgänge (Trocknen, Oxydirungen z. B. bei der Fabrikation von Linoleum, auch Umwandlungen z. B. in der Färberei, Druckerei u. s. w.) unter Zuhilfenahme von Wärme sich rascher und sicherer vollziehen.

Mit der Erwärmung von Körpern beabsichtigt man entweder eine Aenderung des Zustandes herbeizuführen (Schmelzen, z. B. von Metallen,

Harzen, Fetten, Wachs etc.), Erweichen, z. B. des Kautschuks, des Holzes, Ausglühen der Metalle etc., Verdampfen zum Zwecke einer Trennung (z. B. beim Abdampfen, Destilliren etc.) oder chemische Verbindungen hervorzubringen, beziehungsweise zu lösen (Glasschmelzen, Brennen des Kalkes, der Thonwaaren, Schmelzen der Soda, Erzeugung von Holzkohle, Koks, Leuchtgas, Seife etc.), oder Substanzen aus Körpern auszuziehen (Kochen der Farbhölzer, der Würze, des Holzes zur Erzeugung sog. Zellulose, der Hadern u. dergl. zum Zwecke des Reinigens etc.) oder Substanzen in andere Formen überzuführen (Kochen von Kleister aus Stärke, Backen des Brodes u. dergl.)

Schon diese keineswegs erschöpfende Uebersicht über die Anwendungszwecke der Wärme lässt sowohl im allgemeinen die grosse Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Wärmeanlagen, als auch im besonderen erkennen, dass die Wahl der letzteren durch mehrere Umstände bedingt wird. — Zunächst ist der Grad der Erwärmung maassgebend, da derselbe zwischen den weitesten Grenzen (z. B. der Hitze des Glasofens und der Temperatur zum Schmelzen des Paraffins) in allen erdenkbaren Abstufungen vorkommt. — Dann ist das Verhalten der zu erwärmenden Körper der Wärme gegenüber in Betracht zu ziehen, indem z. B. der Uebergang eines festen Zustandes in einen flüssigen das Vorhandensein eines Sammelraumes voraussetzt, oder eine geringe Wärmeüberschreitung bei organischen Stoffen eine Zersetzung (sog. Anbrennen oder Verbrennen) zur Folge hat; ferner ist zu berücksichtigen, welchen Einfluss die Brennstoffe, die Flamme, die Heiz- und Rauchgase, sowie die Luft auf die zu erwärmenden Körper ausüben, um hiernach eine Wahl der Erwärmungsmethode zu treffen.

In zahlreichen Fällen, namentlich der chemischen Industrie, ist die Erwärmung der Substanzen von Nebenarbeiten begleitet, welche die Bestimmung haben, die Einwirkung der Wärme zu unterstützen und zu regeln. Hierzu gehört unter anderem ein Durchmischen zu dem Zwecke, die Wärme möglichst gleichmässig zu verteilen, sowie die Reaktion der Körper auf einander zu fördern oder z. B. beim Abdampfen freie Verdampfungsflächen zu erhalten und das Ansetzen oder die Ausscheidung von Teilen zu verhindern, teils zur Verhütung des Anbrennens, teils deshalb, weil solche Ausscheidungen vielfach (wie Kesselstein) die Wärmeaufnahme erschweren (S. 282).

Beim Abtreiben flüchtiger Stoffe mit Hilfe der Wärme kann in der Regel die Wiedergewinnung dieser Stoffe als Mit- oder Endziel angesehen werden (Destillation, Sublimation u. dergl.). Deshalb steht mit den Wärmeanlagen dieser Art eine Einrichtung in Verbindung, welche eine Verdichtung und eine Sammlung der Destillations- und Sublimationsprodukte etc. herbeiführt.

Vielfach erzielt die Wärme in Verbindung mit erhöhtem Drucke eine kräftigere Einwirkung und somit einen schnelleren Verlauf von Prozessen, z. B. beim Ausziehen von Farbstoffen aus Farbhölzern, beim Kochen von Holz u. dergl. mit Lauge, beim Imprägniren u. s. w., weil die Wärme die Poren öffnet und die Flüssigkeit dünnflüssiger macht und weil die Flüssigkeit unter höherem Drucke besser in das Innere gelangt. Im umgekehrten Fall ruft eine Luftverdünnung im Innern eines Gefässes infolge und bei niedriger Siedetemperatur eine raschere Verdampfung, ein leichteres Ein-

dringen von Flüssigkeiten in poröse Körper, z. B. Holz hervor, weil unter geringerem Drucke die Luft herausgetrieben wird. — Deshalb ist häufig je nach Umständen sowohl die Erzeugung höherer Drücke (gewöhnlich durch die vermehrte Spannung der verdampfenden Flüssigkeit), als auch die Herstellung eines luftverdünnten Raumes bei Wärmeanlagen ins Auge zu fassen (sog. Vakuumapparate).

In der chemischen Technik müssen flüssige oder feste Stoffe behufs Umwandlung, Abscheidung, Zersetzung oder Reaktion nicht selten mehr oder weniger lange Zeit Temperaturen von bestimmter und gleichbleibender Höhe ausgesetzt werden. Zur Herbeiführung solcher gleichbleibender Temperaturen macht man Gebrauch von der bekannten Eigenschaft gewisser Flüssigkeiten bei einer bestimmten Temperatur zu sieden, indem man diese Flüssigkeiten zur Uebertragung der Wärme benutzt. So siedet Wasser bei 100 °, Quecksilber bei 357 °, eine konzentrirte Lösung von Chlorbarium bei 104,4 °, von phosphorsaurem Natron bei 106,6 °, von Kochsalz bei 108,5 °, von Salpeter bei 116 °, von Natronsalpeter bei 121 °, von essigsaurem Natron bei 124,4 °, von Pottasche bei 135 °, von salpetersaurem Kalk bei 151 °, von essigsaurem Kali bei 169 °, von Chlorkalzium bei 179,5 °, von Chlorzink bei 300 °. Hängt man demnach Gefässe mit den zu erwärmenden Stoffen in eine der genannten im Sieden erhaltenen Lösungen, so erfolgt die Erwärmung bis zu einer bestimmten nicht überschreitbaren Höhe. Einrichtungen dieser Art führen den Namen Bäder oder Erwärmungsbäder, insbesondere Wasserbäder, Salzbäder etc. Da sich Paraffin bis 370 ° ohne Zersetzung erwärmen lässt, so werden für höhere Temperaturen Paraffinbäder vorgezogen, weil bei ihnen ein Nachfüllen des verdampften Wassers überflüssig ist; mitunter stehen auch Oelbäder und Metallbäder im Gebrauch.

Die Verdampfung von Flüssigkeiten erfolgt um so rascher, je grösser die Oberfläche ist, welche die Flüssigkeiten der Wärme darbieten. Da nun diese Oberfläche um so grösser wird, je mehr die Flüssigkeiten sich verteilen, so trifft man für Verdampfungszwecke oft Einrichtungen, welche die Flüssigkeiten in dünnen, breiten Strahlen (Kaskaden) oder in Tropfen der Wärme entgegen führen. — Von Wichtigkeit für eine rasche Verdampfung ist ferner eine möglichst schnelle Entfernung der in Dampf übergeführten Flüssigkeit, entweder durch einen kräftigen Luftstrom vermittelst eines hohen Schornsteins, eines Gebläses etc. oder durch Kondensation (Destillation), weshalb manche Abdampfanlagen mit darauf hinzielenden Anordnungen versehen werden.

Die Zuführung von Wärme zu irgend einem der vorstehenden Zwecke kann entweder direkt oder indirekt stattfinden, wenn man unter direkter Zuführung die unmittelbare Uebertragung der Wärme auf den betreffenden Gegenstand und unter indirekter Zuführung die Uebertragung mit Hilfe eines Wärmeträgers (z. B. Wasser, Dampf, Luft etc.) versteht.

Die direkte Zuführung zeigt sich fast stets in allen solchen Fällen unumgänglich notwendig, in welchen es sich um die Verwendung hoher Temperaturen handelt (Schmelzen von Metall, Glas, Erhitzen des Eisens zum Schmieden etc.), obwohl sie auch andererseits aus Bequemlichkeit und Gewohnheit, in einzelnen Fällen aus besonderen Zweckmässigkeitsgründen gewählt wird. Sie setzt eine räumlich geringe Entfernung zwischen der

Wärmequelle und der Verbrauchsstelle der Wärme und in den meisten Anlagen deshalb einzelne für sich bestehende Feuerungen voraus (Einzelheizungen).

Von der indirekten Zuführung kann Gebrauch gemacht werden, wenn der Zweck der Verwendung hohe Hitzegrade nicht erfordert, z. B. beim Heizen von Räumen, beim Kochen, Abdampfen von Flüssigkeiten u. dergl. Wählt man hierbei als Wärmeträger leicht verteilbare und leitbare Flüssigkeiten, so gewinnt man den besonderen Vorteil: zahlreiche Wärmeanlagen von einer einzigen Quelle aus mit Wärme versehen zu können (Sammelheizungen, Zentralheizungen).

Erstes Kapitel.

Wärmeanlagen mit direkter Wärmezuführung.

Bei den Wärmeanlagen mit direkter Wärmezuführung sind wesentlich drei Anordnungen zu unterscheiden, je nachdem der zu erwärmende Körper

1. unmittelbar mit dem festen Brennmaterial oder
2. nur mit der brennenden Flamme in Berührung kommt oder
3. von dem Brennmaterial beziehungsweise von der Flamme durch eine Wand getrennt ist.

I. Freie Feuer und Schachtöfen.

Die erste Anordnung hat zur Voraussetzung, dass die Bestandteile der Brennstoffe während der Berührung mit den zu erwärmenden Stoffen die letzteren nicht in schädlicher Weise beeinflussen, wie z. B. Schwefel in Steinkohlen das Eisen warmbrüchig macht. Ausgeführt wird sie entweder als freies Feuer (Schmiedefeuer, Frischfeuer u. dergl.), in welches man die zu erwärmenden Gegenstände hineinschiebt, oder als sog. Schacht, in dem man die letzteren mit den Brennstoffen aufschichtet (Schachtofen, Hochofen, Kupolofen, Kalk-, Gyps-, Zement-, Röstofen etc.) — Die Anlagen dieser Art bieten das Eigentümliche dar, dass Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe in einem Raum stattfindet und dass sie sich im allgemeinen durch grosse Einfachheit auszeichnen. — Die Verbrennungsluft wird entweder durch Gebläse oder den natürlichen Luftzug mit und ohne Schornstein durch Roste oder seitwärts angebrachte Oeffnungen (Formen) zugeführt.

Bemerkenswert ist bei freiem oder offenem Feuer der grosse Wärmeverlust durch Strahlung.

Befindet sich dahingegen das Brennmaterial mit den zu erwärmenden Körpern in einem geschlossenen Raum (Schacht), so wird die Wärme, wegen der unmittelbaren Uebertragung, vorteilhaft ausgenutzt.

II. Flammöfen.

Bei der zweiten Anordnung, also bei denjenigen Anlagen, in welchen die zu erwärmenden Körper in einem besonderen Raum von der Flamme der Brennstoffe umspült werden, ist die Gefahr für eine schädliche Ein-

wirkung der letzteren auf die ersteren erheblich geringer oder oft überhaupt nicht vorhanden, weil die Flamme entweder vollständig oder fast frei von Stoffen ist, welche solchen schädlichen Einfluss ausüben. Ausserdem gestattet die Flamme eine sehr gleichmässige Erwärmung über eine grössere Fläche, allerdings in Verbindung mit bedeutendem Wärmeverlust, infolge der hohen Temperatur der abziehenden Rauchgase, zu dessen Verminderung die Einschaltung von Regeneratoren sich empfiehlt. — Diese Anlagen heissen Flammöfen und zerfallen in zwei wesentliche Teile, in die Feuerung zur Flammenerzeugung und in den Herd oder Arbeitsraum zur Aufnahme der zu erwärmenden Körper.

Zur Erzeugung der Flamme dient entweder festes Brennmaterial oder Gas, selten Erdöl. Demgemäss besteht der Feuerraum A eines Flammofens (Fig. 374) entweder aus einer gewöhnlichen Rostanlage, aus einem Generator oder aus Gasbrennern in allen Ausführungen, welche S. 296 etc., 310 etc. erörtert sind. Namentlich finden Regeneratoren (S. 315) dann vorteilhaft Verwendung, wenn die Bestimmung der Flammöfen hohe Temperaturen fordert.

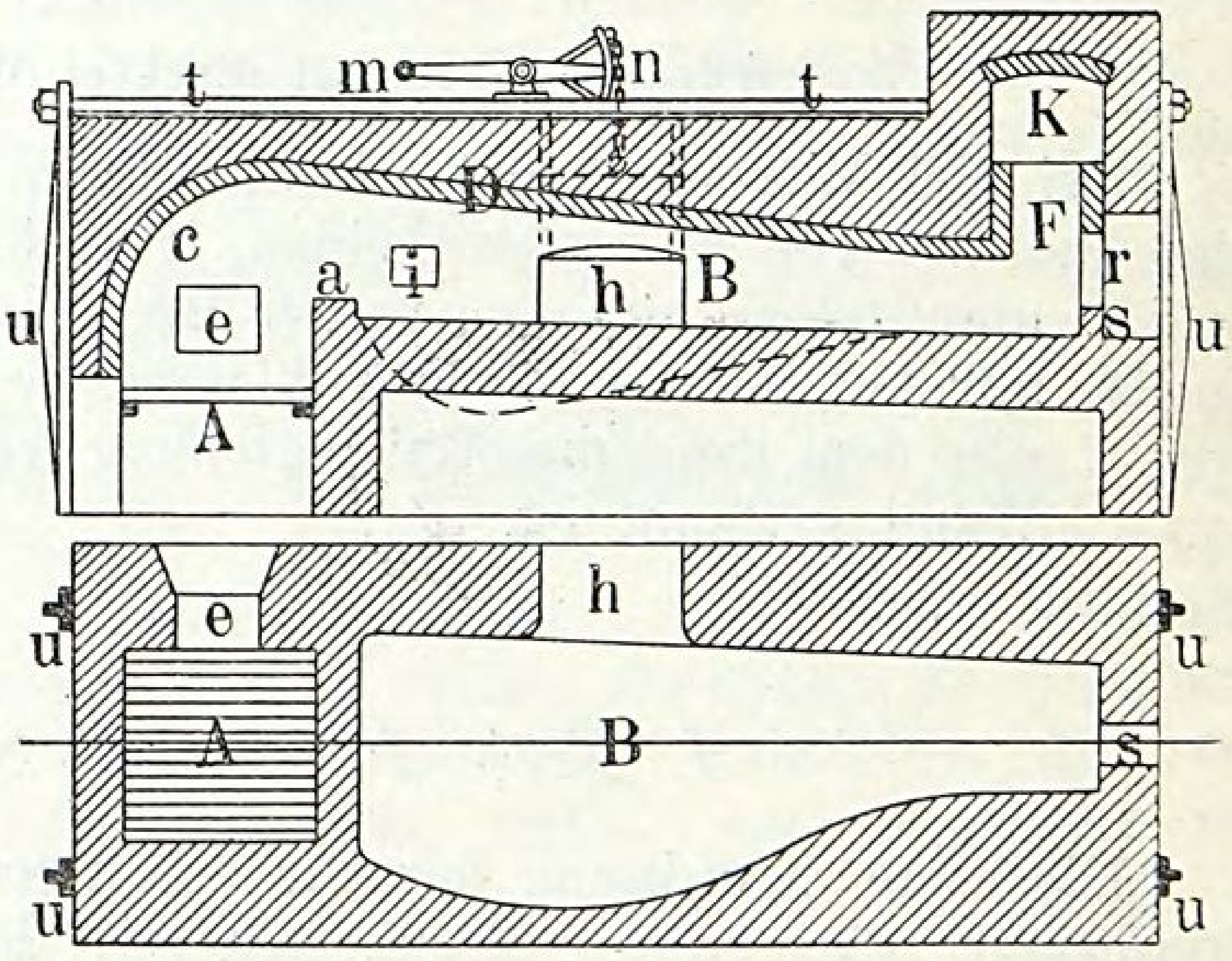


Fig. 374.

Der Herd B ist von der Feuerung durch eine Feuerbrücke a getrennt. Derselbe erhält einen ebenen oder einen muldenförmig vertieften (durch eine punktirte Linie angedeuteten) Boden (Sumpf) von länglich rechteckiger oder kreisrunder oder länglich ovaler Form, die in der Richtung zum Fuchs F allmählich in der Breite etwas abnimmt.

Feuerung A und Herd B sind von einem gemeinschaftlichen Gewölbe D überspannt, welches die aufsteigende Flamme in möglichst vorteilhafter Weise auf den Herd führen und zur Wirkung bringen soll. Zu dem Zwecke pflegt man in der Regel den Uebergang c zwischen der Feuerung und dem Herde abzurunden, obwohl auch der in Fig. 333 S. 316 dargestellte Uebergang vielfach vorkommt. Ausserdem nähert man das Gewölbe in der Richtung zum Fuchs dem Herde, um die Flamme auf den letzteren niederzudrücken. Der Fuchs F mündet entweder direkt in einen Schornstein oder in einen Kanal K, der zum Schornstein führt und namentlich dann angeordnet wird, wenn mehrere Flammöfen reihenweise neben einander liegen.

Die Beschickung des Feuers erfolgt durch die Oeffnung e und diejenige des Herdes durch die Oeffnung h. Beide Oeffnungen erhalten als Verschlüsse Drehthüren oder Schieber, die an ausbalanzirten Hebeln m n hängen und von diesen aus sich leicht in die Höhe ziehen lassen. — Zur Beobachtung des Ofeninneren dient das Schauloch i, während die mit Klappen oder Schiebern verschlossenen Oeffnungen r, s am Ende des Ofens zum Reinigen des letzteren oder auch zum Ausbringen des Ofeninhalts bestimmt sind (Stichloch). — Um das Ofenmauerwerk genügend zusammen-

zuhalten, sind starke Verankerungen in der Form vertikaler Schienen u, u mit horizontalen Zugstangen t t nicht zu umgehen.

Je nach der Bestimmung unterliegt die in Fig. 374 dargestellte Grundform des Flammofens mancherlei Abweichungen. — Dient derselbe z. B. zum Abdampfen und Kalziniren bei der Verarbeitung von Salzlösungen (Laugen in Sodafabriken, Zellulosefabriken, Wollwäschereien u. s. w.), so verbindet man mit demselben zweckmässig eine Vorrichtung zur weitgehenden Ausnutzung der Wärme, indem man die Lösungen nicht nur vorwärmt, sondern auch stufenweise zur Abdampfung bringt.

Eine Anlage dieser Art (Schneider) zugleich mit Gasfeuerung und Regenerator geht aus Fig. 375 hervor. Die zum Abdampfen bestimmte

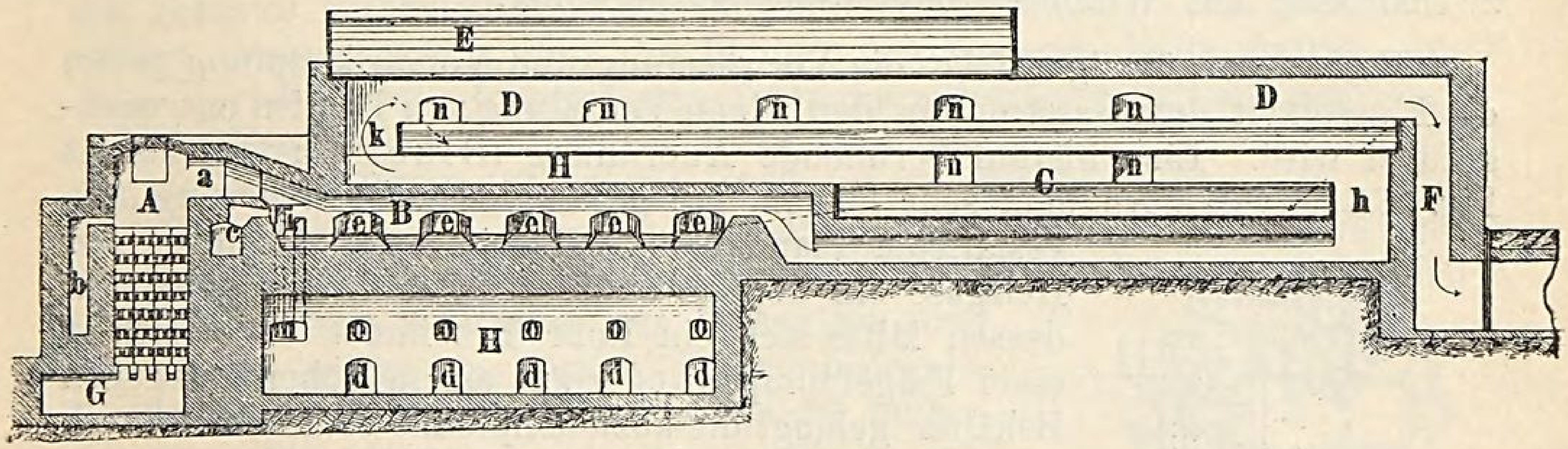


Fig. 375.

Lauge gelangt zunächst aus einem grossen Sammelbehälter in eine Vorwärmpfanne E, sodann, nachdem sie gehörig vorgewärmt ist, durch ein mit einem Pfeil angedeutetes Rohr in die erste Abdampfpfanne D D, darauf durch ein ebenfalls mit einem Pfeil bemerkbar gemachtes Rohr in die zweite Abdampfpfanne C und endlich aus dieser in der Richtung der punktirten Linie in den Kalzinirherd B zum Verbrennen der organischen Stoffe. Ist die Masse in dem Herde B ausgeglüht, so wird sie durch die Thüren e, e, e herausgezogen und durch Seitenkanäle e o über eiserne Klappen in den Kühlraum H geschafft, aus dem man sie dann abgekühlt durch die mit Thüren verschliessbaren Oeffnungen d, d, d entfernt. Die zum Abdampfen und Kalziniren erforderliche Wärme wird durch Generatorgas in Verbindung mit der Luftvorwärmung vermittelst Regeneratoren erzeugt. Zu dem Zwecke tritt das Gas aus dem Kanal c durch horizontale Schlitze aus, um sich auf dem Herde B mit Luft zu vermischen, welche, von dem Kanal G zugeleitet, durch den Regenerator A stark erhitzt und mittels des Gewölbes a mit dem Gase zusammengeführt, eine heftige Verbrennung hervorruft. Die Flamme beziehungsweise Verbrennungsprodukte durchziehen sodann in der Pfeilrichtung k k die Kanäle, indem sie die Pfannen C und D nicht nur unterwärts stark erwärmen, sondern auch die Oberflächen der Flüssigkeiten bestreichen, sich mit aufgenommenem Wasserdampf sättigen und durch den Fuchs F zum Schornstein ziehen. — Um die in dem Kühlraum H sich entwickelnden Gase unschädlich zu entfernen, ist noch ein Seitenkanal m i angebracht, durch den sie an der Stelle auf den Herd B treten und verbrennen, wo die grösste Hitze herrscht. Bezüglich der Anordnung der Regeneratoren und deren Wechsel etc. kann auf S. 317 verwiesen werden.

Eine andere Art der Vorwärmung von Flüssigkeiten mittels der abziehenden Gase besteht in der Anwendung von Kaskaden nach dem durch Fig. 316 S. 290 vergegenwärtigten Vorbild. Eine Anzahl, z. B. 6 Platten sind, wie bei dem Vorwärmer S. 290 die Platten 1, 2, 3, 4 etwas geneigt am Ende des Flammofens in einem Raum angebracht, der von den Heizgasen durchzogen wird. Die betreffende Flüssigkeit fliesst aus einem über diesem thurmartigen Raum liegenden Behälter der Reihe nach über die 6 Platten den aufsteigenden Heizgasen entgegen und erwärmt sich nicht nur, sondern giebt auch den durchziehenden Gasen eine der Wärme entsprechende Wassermenge ab, welche durch den Schornstein fortgeführt wird. Um auf dem Wege, welchen die Flüssigkeit hierbei über die Platten zurücklegt, möglichst viel Erwärmungsfläche zu erhalten, stellt man die Platten zweckmässig aus Wellblech oder Rippenkörpern her.

Besonders günstig erfolgt die Vorwärmung und Vorverdampfung, wenn die Flüssigkeit dem Gasstrom in der feinen Verteilung von Tropfen entgegengeführt wird. Eine hierauf beruhende Anordnung (Blackman) geht aus Fig. 376 hervor. An dem sehr langen, mit gewöhnlicher Rostfeuerung ausgestatteten Flammofen A B C ist zum Abführen der Heizgase ein doppelwandiger Turm D E angebaut, in dessen Mitte sich ein Rohr T befindet. Vermittelst einer Flügelpumpe G oder aus einem höher gelegenen Behälter gelangt die abzudampfende Flüssigkeit durch die Leitungsröhren a, b, c in den Hohlraum der Turmwand und das Standrohr T steigt in beiden Räumen empor, erwärmt sich an deren heissen Wänden und fliesst endlich über die Ränder hinweg in das freie Innere des Turms an den Wänden entlang nach abwärts den Heizgasen entgegen in den Sammelraum C des Flammofens. Ausserdem befindet sich in dem oberen Teile des Turmes noch eine Brause e und ein Ringkanal durch Abzweigungen von dem Leitungsrohre d ebenfalls mit der Flüssigkeit gespeist, welche aus beiden als Regen niederfällt, und sich in C mit der anderen vereinigt. Aus der dritten Abteilung C des Flammofens gelangt die Lauge über

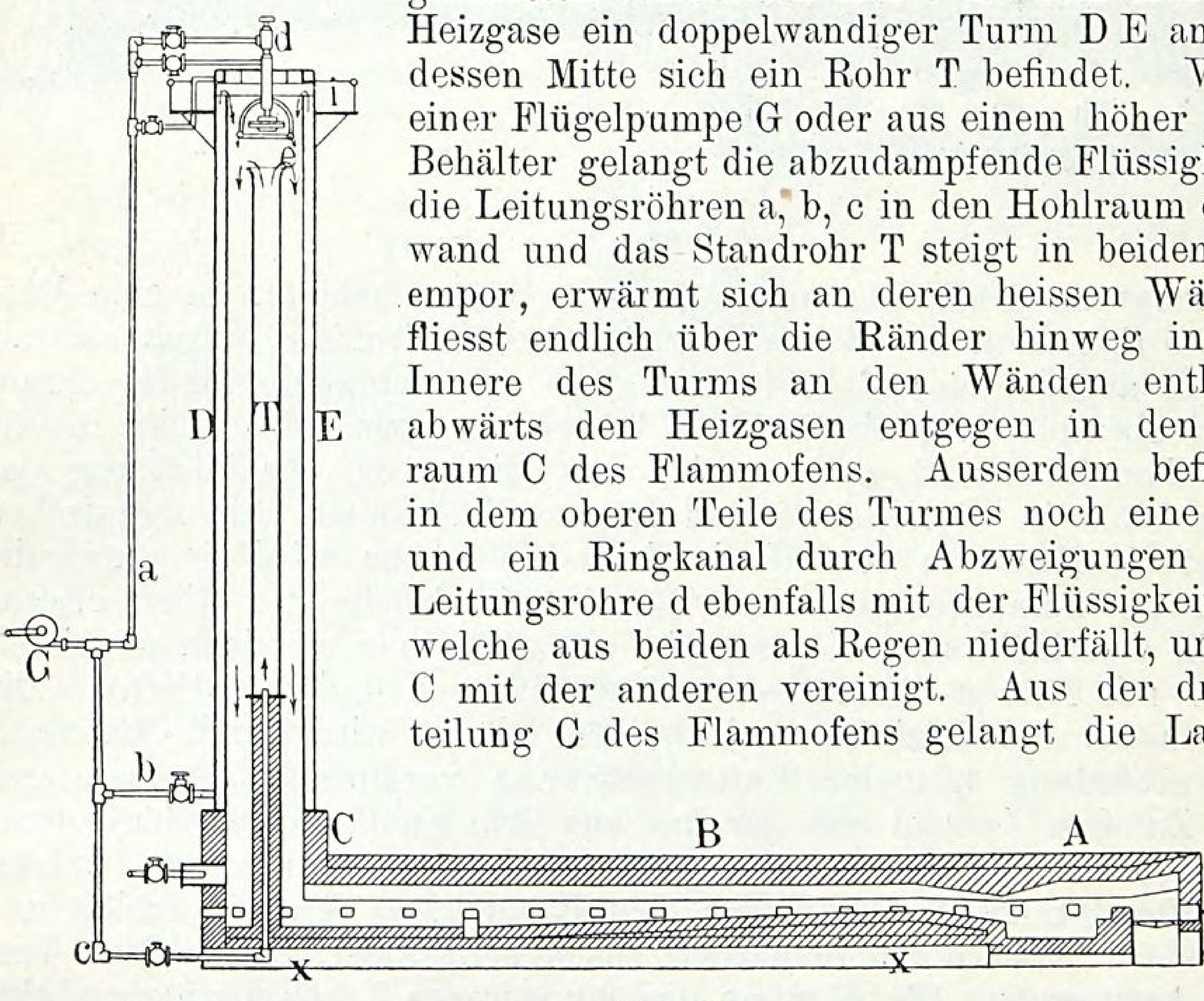


Fig. 376.

die Brücke in die zweite Abteilung B zum Kalziniren und von hier zuletzt mittels Krücken, welche durch die seitlichen Schürlöcher eingeführt werden, in den Sumpf A, aus dem die hier durchgeglühte Masse durch ein Stichloch den Flammofen verlässt. — Die Luftzuführung erfolgt unter dem Roste und zwar durch einen Kanal x x, der unter dem ganzen Herde sich hinzieht und ein Mittel abgiebt, die Luft vorzuwärmen, sowie die Herdsohle von untenher abzukühlen.

Nach einer anderen Anordnung wird die abzudampfende Flüssigkeit mit Hilfe von Strahlapparaten von unten nach oben in dem Turme hinaufgespritzt und fein verteilt, so dass sie zuerst mit den Heizgasen aufsteigt und dann denselben entgegen niederfällt.

Wird der Herd eines Flammofens als ein horizontal liegender Hohlcylinder oder Hohlkegel ausgeführt, der um seine Achse gedreht werden kann, so entsteht der vielfach verwendete Drehofen, der den bemerkenswerten Vorteil darbietet, dass sich dessen Inhalt während der Einwirkung der Flamme nicht nur fortwährend durch einander mischt, sondern auch gleichmässiger erwärmt. Dabei wird die Kegelform durchgehends den Vorzug verdienen, weil die Entleerung besser von statten geht, indem der Ofeninhalt stets dem weiteren Kegelende zurutscht. Da ausserdem die Schicht des Inhaltes am engeren Kegelende weniger hoch ist als am weiteren, so erfolgt, vorausgesetzt, dass die Flamme am weiteren Ende eintritt, durch diese Verteilung des Inhaltes eine Temperaturausgleichung und eine gleichmässige Erwärmung der ganzen Masse, weil der höher angehäufte Teil auch der stärksten Wärme ausgesetzt wird.

Die allgemeine, einzelneu Zwecken leicht anzupassende Anordnung eines solchen Drehofens (Arents) geht aus Fig. 377 hervor. Der Ofen B besteht aus einem Mantel aus Eisenblech und aus einem passenden Futter (Chamotteziegeln, Theersteinen u. dergl.) Um den Mantel laufen, damit verschraubt, zwei gusseiserne Ringe m m von gleichem äusseren Durchmesser, mit welchen der Ofen auf zwei Paar Rollen r r aufruht, die auf zwei parallelen Wellen w sitzen und mit diesen von einem Kegelradgetriebe t Umdrehung erhalten und auf den Ofen übertragen. Am weitesten Kegelende des Ofens befindet sich der Feuerraum A, aus dem die Flamme durch den Hals a in den Ofen tritt, um denselben durch den Fuchs c zu verlassen. Die Beschickung des Ofens erfolgt durch eine verschliessbare Oeffnung o mit Hilfe eines über dem Ofen schwebenden Trichters t, die Entleerung aus einer ebenfalls mit Mannlochverschluss (Fig. 178 S. 120) versehenen Oeffnung e, entweder in ein untergestelltes Gefäss oder auf einer schiefen Fläche q in einen Kühlraum R.

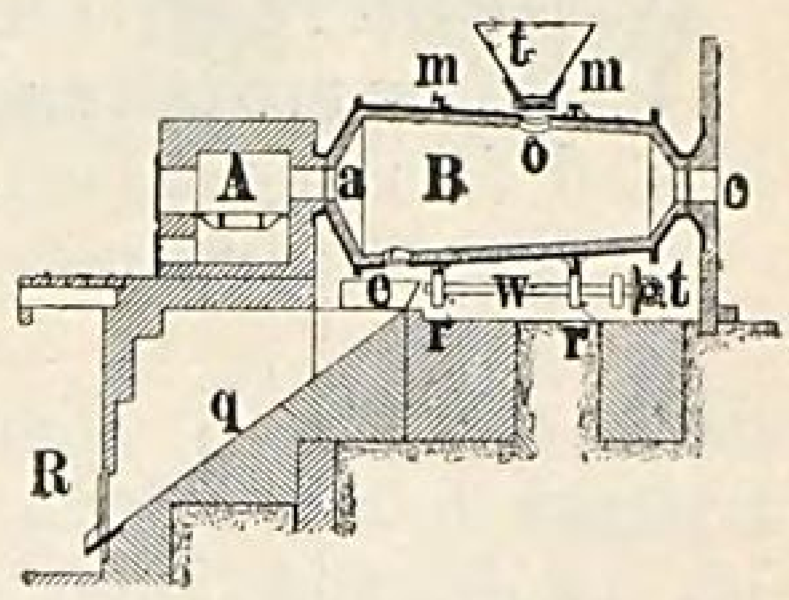


Fig. 377.

III. *Gefässöfen.*

Ist es erwünscht, die zu erwärmenden Gegenstände dem unmittelbaren Einflusse der festen Brennstoffe und der Flamme, sowie auch der atmosphärischen Luft zu entziehen, so kann das nur erreicht werden, wenn man zwischen ihnen und dem Feuer eine Scheidewand herstellt, die unter Umständen auch die Luft abschliesst. In der Regel gelangt diese Scheidung in der Gestalt von Gefässen zur Ausführung, die bezüglich der Grösse, der Form und des Materials sehr verschieden sind, da sie äusserst mannigfaltigen Anwendungen Rechnung zu tragen haben.

Die Zuführung der Wärme zu diesen Gefässen erfolgt dabei entweder, indem man die letzteren mit festem Brennstoff umgiebt oder von Flammen

umspülen lässt, so dass die hier in Betracht kommende Wärmeanlage (Gefässöfen) nach dem Vorbild eines offenen Feuers, eines Schachtofens und eines Flammofens hergestellt werden kann.

Bei der Wärmezuführung in solchen Gefässen ist es selbstverständlich notwendig, um die Gefässe Temperaturen hervorzubringen, welche höher sind, als die zum Erwärmen selbst erforderlichen, weil nur dadurch die Wärmezufuhr genügend schnell von statten geht. Die Folge hiervon ist ein bedeutender Wärmeverlust, da die Mehrerzeugung von Wärme dem eigentlichen Zwecke nicht zu gute kommt, sondern nur zum Wärmen der Gefässe gebraucht wird. Aus diesem Grunde ist die Nutzwirkung dieser Gefässöfen im allgemeinen sehr ungünstig, namentlich wenn hohe Temperaturen in Betracht kommen, weil dann auch die Heizgase die Anlagen mit hohen Temperaturen verlassen.

Als die Vertreter der wichtigsten Formen dieser Gefässe haben zu gelten: Tiegel, Muffeln, Retorten, Trommeln, Pfannen, Kessel. Hiernach lassen sich die Gefässöfen auch einteilen in:

1. Tiegelöfen,
2. Muffelöfen,
3. Retortenöfen,
4. Trommelöfen,
5. Pfannenöfen,
6. Kesselöfen.

A. Tiegelöfen.

Mit dem Namen Tiegel bezeichnet man Gefässe von gewöhnlich abgestumpfter Kegelform, die hauptsächlich zum Schmelzen (Schmelztiegel) solcher Substanzen benutzt werden, welche einen hohen Schmelzpunkt besitzen (Stahl, Glas, Email, Legirungen) oder auch nur zum Ausglühen dienen, z. B. der Magnesia, Metalloxyde etc.

In der Glasfabrikation heissen sie Hafen. Ihrer Bestimmung gemäss sind die Tiegel in der Regel aus Massen von möglichst grosser Feuerbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die zu schmelzenden Stoffe und wechselnden Temperaturen herzustellen. Man verwendet zur Anfertigung derselben daher Mischungen von feuerfestem Thon mit Quarz oder Chamotte (Chamottetiegel, Hessische Tiegel) oder Graphit (Graphittiegel, Passauer Tiegel, Ipser Tiegel), mitunter Bauxit. In einzelnen untergeordneten Fällen kann man Tiegel aus Platin oder Schmiedeisen oder Porzellan benutzen. Zum vollkommenem Abschluss dienen Deckel aus derselben Masse, welche mit Thon gedichtet werden.

Das Erwärmen der Tiegel erfolgt in Schachtöfen, Flammöfen oder selten in offenen Feuern; um die Hitze möglichst zu steigern, ist die Anwendung vorgewärmter Luft, also auch der Regeneratoren, sehr gebräuchlich und nützlich.

Ein viel verwendeter Tiegelschachtofen zeigt Fig. 378. Derselbe besteht aus dem Schachte B mit dem Aschenfall A, dem Roste r zum Tragen des Tiegels t und des Brennmaterials (Koks), dem Fuchs u, der in den Abzug S

mündet, und dem an einer Aufziehkette k hängenden Deckel D. Um das Ausheben des Tiegels aus dem Ofen vermittelst der sog. Tiegelzangen zu erleichtern, wird der Ofen am zweckmässigsten so tief in den Fussboden F versenkt, dass letzterer mit dem Tiegelrande etwa in gleiche Höhe zu liegen kommt. Zum Zuführen der Luft und zum Wegschaffen der Asche ist dann vor dem Ofenschachte noch ein zweiter mit einer durchbrochenen Platte q bedeckter Schacht C notwendig. Zum Schutze gegen Abkühlung steht der Tiegel auf einem Chamotteuntersatz (Käse) n.

Unter den zahlreichen Einrichtungen zum Vorwärmen der Luft für einzelne Tiegelöfen sei hier die in Fig. 379 dargestellte hervorgehoben.

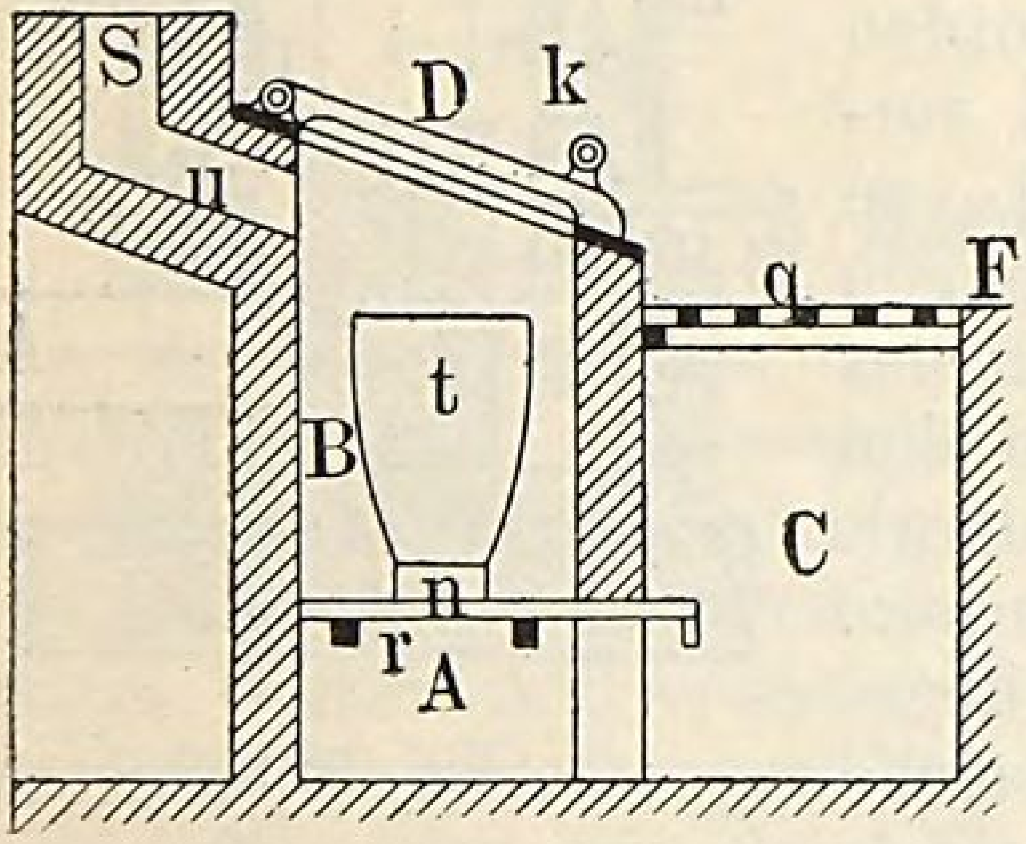


Fig. 378.

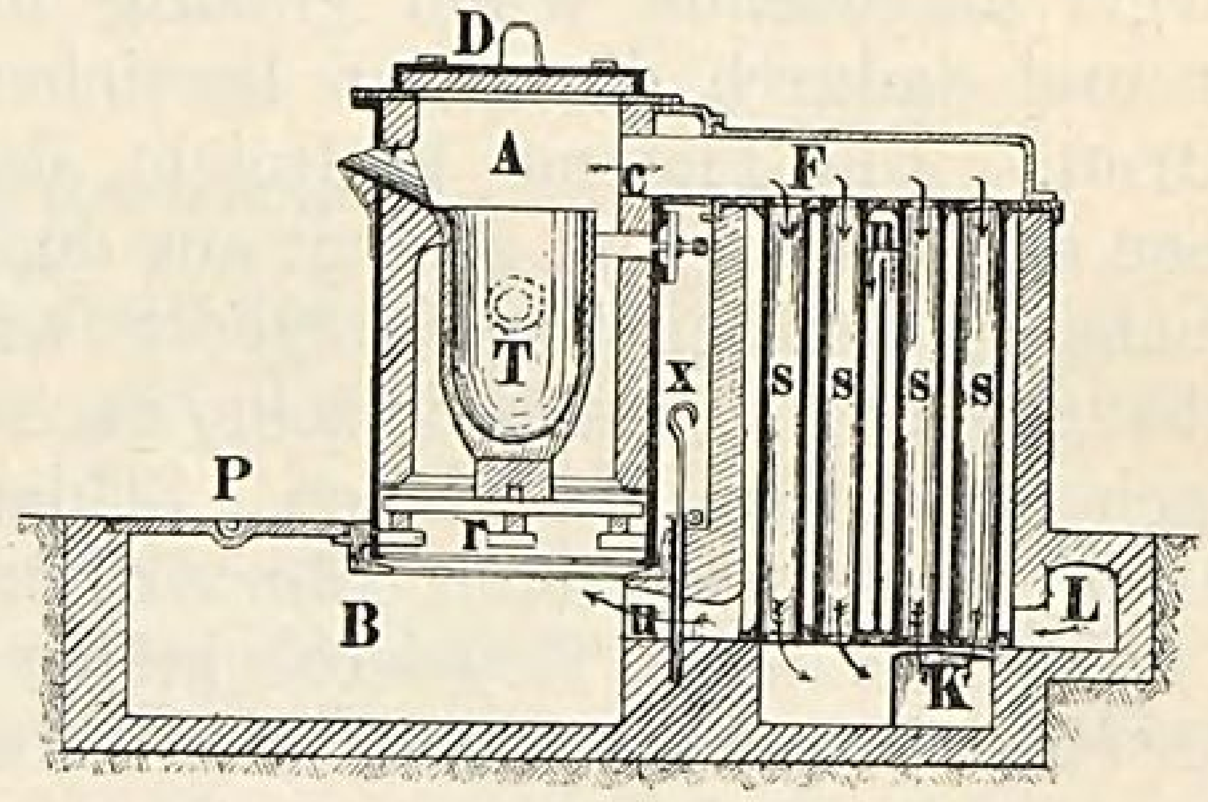


Fig. 379.

Der Schacht A mit Rost r zur Aufnahme des Tiegels T ist aus einem Schmiedeisenmantel mit Futter aus Chamottesteinen gebildet und zugleich zum Transportiren und Ausgiessen eingerichtet, um eine Abkühlung des Tiegels zu vermeiden, der deshalb auch stets im Ofen nach Abnahme des Deckels D beschickt wird. Zum Zwecke des Transportes sind an dem Mantel seitwärts zwei einander gegenüberliegende Zapfen zum Einhängen in den Bügel einer Krankette angebracht. Der Schacht ruht unten auf einem Winkelring und legt sich oben bei c dicht an eine Vorwärmekammer an, die durch den Fuchs F mit dem Innern des Schachtes A in Verbindung steht. In der genannten Kammer befinden sich vertikale Röhren s, s, s, welche von den Verbrennungsgasen durchströmt und erhitzt werden, ehe diese durch den Kanal K abziehen. Die Verbrennungsluft tritt durch den Kanal L unten in die Vorwärmekammer ein, steigt zwischen der Wand und einer in der Mitte angebrachten eisernen Platte n aufwärts über diese Platte hinweg abwärts, um an den Röhren stark vorgewärmt durch den Kanal u unter den Rost zu gelangen. Die natürlich nicht durchbrochene, sondern gut gedichtete Platte P verschliesst den Zugang zu dem Aschenfall B; und der bei x angebrachte Schieber dient zum Reguliren des Zuges und zum Abschluss der Luft.

Für viele Verwendungszwecke, namentlich wenn der Tiegel vorübergehend benutzt wird, ist es ebenso vorteilhaft als bequem, statt der festen Brennstoffe Brenngas, z. B. Leuchtgas zum Heizen zu verwenden und zwar unter gleichzeitiger Vorwärmung der Luft. Obwohl diese Gasschmelzöfen mancherlei Abweichungen in ihren Ausführungen darbieten, so besteht doch das wesentliche derselben aus einer Anzahl Gasbrennern mit passender Luftzuführung. — Ein Gasschmelzofen (Siemens, sog. Regenerativsystem)

ist in Fig. 380 vor Augen geführt. Als Träger für den Tiegel i dient ein cylindrischer Unterbau S. Derselbe ist oben von zwei konzentrisch verlaufenden Thoncylindern n und m umgeben, wovon n den Schacht und m den kuppelförmigen mit einem Deckel D abgeschlossenen Mantel bildet. In dem ringförmigen Raum zwischen Mantel und Schacht befindet sich eine grössere Anzahl von Gasbrennern c auf einem gemeinschaftlichen Gaskammerring r r, dem das Gas durch das Rohr g zugeführt wird. Die Luft tritt durch Oeffnungen o o des Mantels m ein und vermischt sich mit dem Gase, so dass im Schachte eine intensive Verbrennung stattfindet, namentlich wenn die den Tiegel umgebende Wand gehörig heiss geworden ist und dadurch die daran herziehende Luft vorwärmt. Die Flamme bestreicht den Tiegel von oben nach unten und gelangt aus dem ringförmigen Fuchs F, der den Tiegelträger S umgiebt, in das Abzugsrohr A. Geschmolzene, nach unten in den Fuchs gelaufene Materialien, Schlacken u. dergl. lassen sich durch eine Einsatzthür t entfernen.

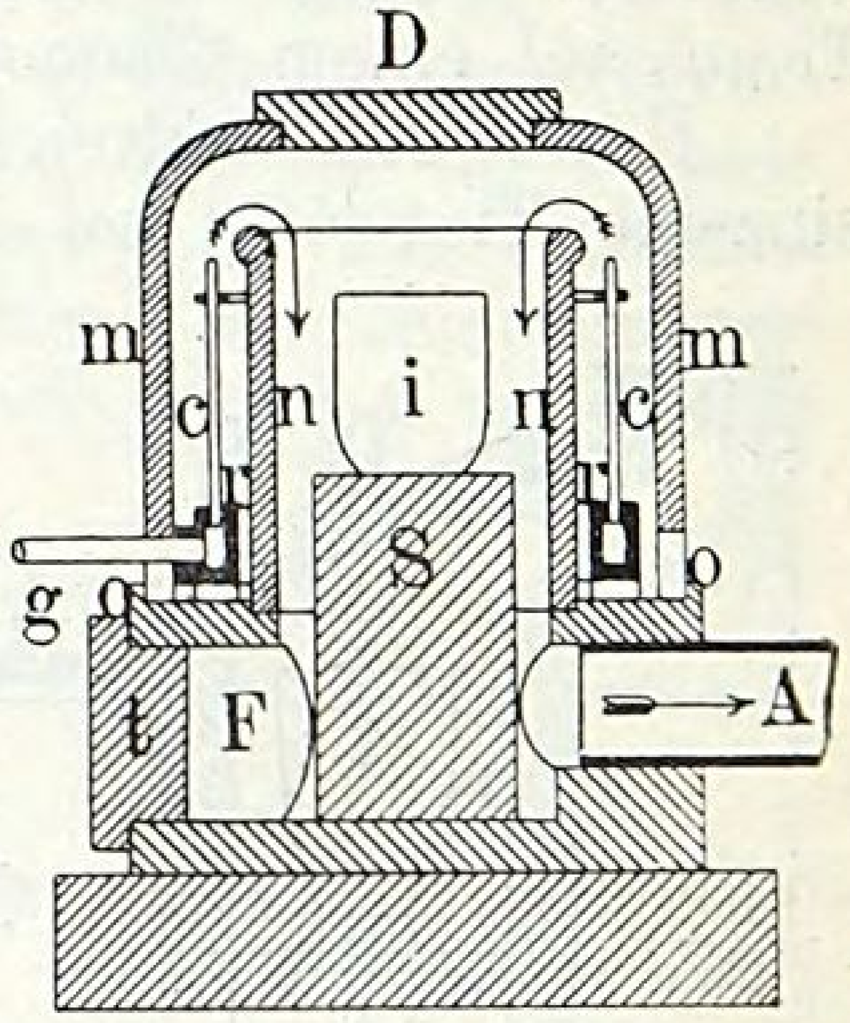


Fig. 380.

Während die Tiegelschachtöfen in der Regel nur einen Tiegel aufnehmen und dadurch auf solche Betriebe beschränkt bleiben, in denen nur wenig Tiegelschmelzungen vorkommen, eignen sich die Flammöfen vorzüglich zur Erhitzung einer grösseren Anzahl von Tiegeln, also zur Verwendung in grösseren Betrieben. Die Tiegelflammöfen sind gewöhnliche Flammöfen mit ebenem Herde zur Aufstellung und mit abnehmbarer Decke zum Einsetzen, Beschicken und Ausheben der Tiegel. — Um das Ausheben und Ausgiessen und die damit verbundene Abkühlung der Tiegel zu umgehen, versieht man die letzteren häufig im Boden mit einer Oeffnung, welche während der Schmelzperiode durch einen Thon- oder Porzellanstopfen geschlossen gehalten und erst geöffnet wird, wenn die Schmelzung vollzogen ist, worauf der Tiegelinhalt durch einen Kanal im Innern des Untersatzes in ein untergestelltes Gefäss abläuft.

Ein Tiegelflammofen dieser Art zur Aufnahme von 6 Tiegeln, in welchen die Grundmasse zur Emaillirung von Eisengefässen in den sog. Emaillirwerken geschmolzen werden soll, ist in Fig. 381 dargestellt und kann als Grundform dieser Ofengattung gelten. — Man erkennt eine gewöhnliche Rostfeuerung B mit Aschenfall A, den Herd H mit den Tiegeln i und den Fuchs F zum Abzug der Gase. Der Herd, auf dem die 6 Tiegel in drei Reihen zu 2, 3 und 1 stehen, ist derart geformt, dass die Flamme sich möglichst gleichmässig mitteilt. Zum Tragen der Tiegel dienen Chamottestutzen c, c, c, welche in den Herdboden eingelassen und

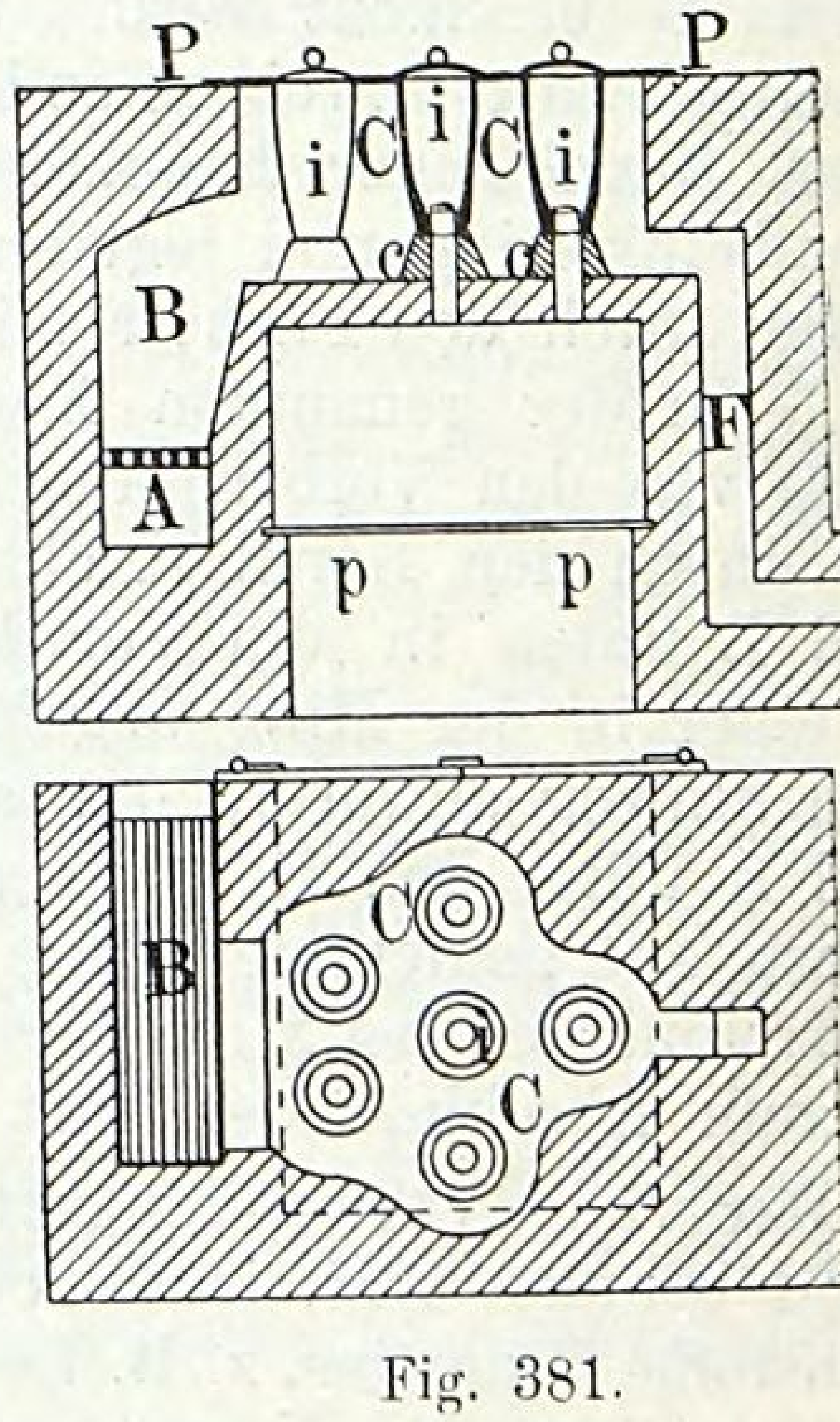


Fig. 381.

mit einem senkrecht durchgehenden Kanal versehen sind, durch den nach Ausziehen des Stöpsels aus dem Tiegelboden das Schmelzgut durchläuft, um von der Platte p p aufgefangen zu werden. Das Gewölbe ist mit einer starken Gusseisenplatte P P abgedeckt, in welcher sich über jedem Tiegel eine Oeffnung zum Beschicken befindet.

Handelt es sich um das Schmelzen grosser Mengen in Tiegeln bei hoher Temperatur, so dass auch demgemäss die Zahl der Tiegel eine erhebliche sein muss, da ja der Rauminhalt eines Tiegels beschränkt ist, so versieht man, wenn irgend thunlich, den Tiegelflammofen mit Gasfeuerung und Wärmespeichern. Ein Tiegelflammofen dieser Art ist S. 317 Fig. 334 beschrieben.

B. Muffelöfen und Retortenöfen.

An die Tiegelofen reihen sich unmittelbar die Muffelöfen und Retortenöfen an, welche als Oefen mit horizontal liegenden Tiegeln angesehen werden können.

Unter Muffel versteht man ein mehr oder weniger langes röhrenartiges Gefäss mit ebenem Boden oder von halbkreis- oder kofferartigem Querschnitte, welches gewöhnlich an einem Ende fest geschlossen, am anderen Ende offen oder mit einer Klappthür versehen ist und zur Aufnahme von Gegenständen dient, welche einer bestimmten Erwärmung ausgesetzt werden, aber nicht schmelzen sollen. Sie finden namentlich Verwendung zum Einbrennen von Email und Einbrennfarben (Schmelzfarben), zum Ausglühen (z. B. durch Bearbeitung hart gewordener Metallgegenstände) unter Luftabschluss und zahlreichen Hüttenprozessen (Rösten, Abtreiben u. s. w.). Je nach ihrer Bestimmung fertigt man die Muffeln aus feuerfestem Thon oder aus Eisen an, mitunter in bedeutenden Höhen (bis 1 *m*) zur Aufnahme hoher Gegenstände oder zur Eintheilung in Fächer, und sehr häufig bezüglich der Form und Grösse in besonderer Anpassung an den Zweck (verticale Muffel zum Drahtglühen u. dergl.) Bei der Anlage von Muffelöfen ist vor allem zu berücksichtigen, dass eine möglichst gleichmässige Erwärmung der ganzen Muffel die wichtigste Bedingung ausmacht und danach die Lage der Feuerzüge zu treffen.

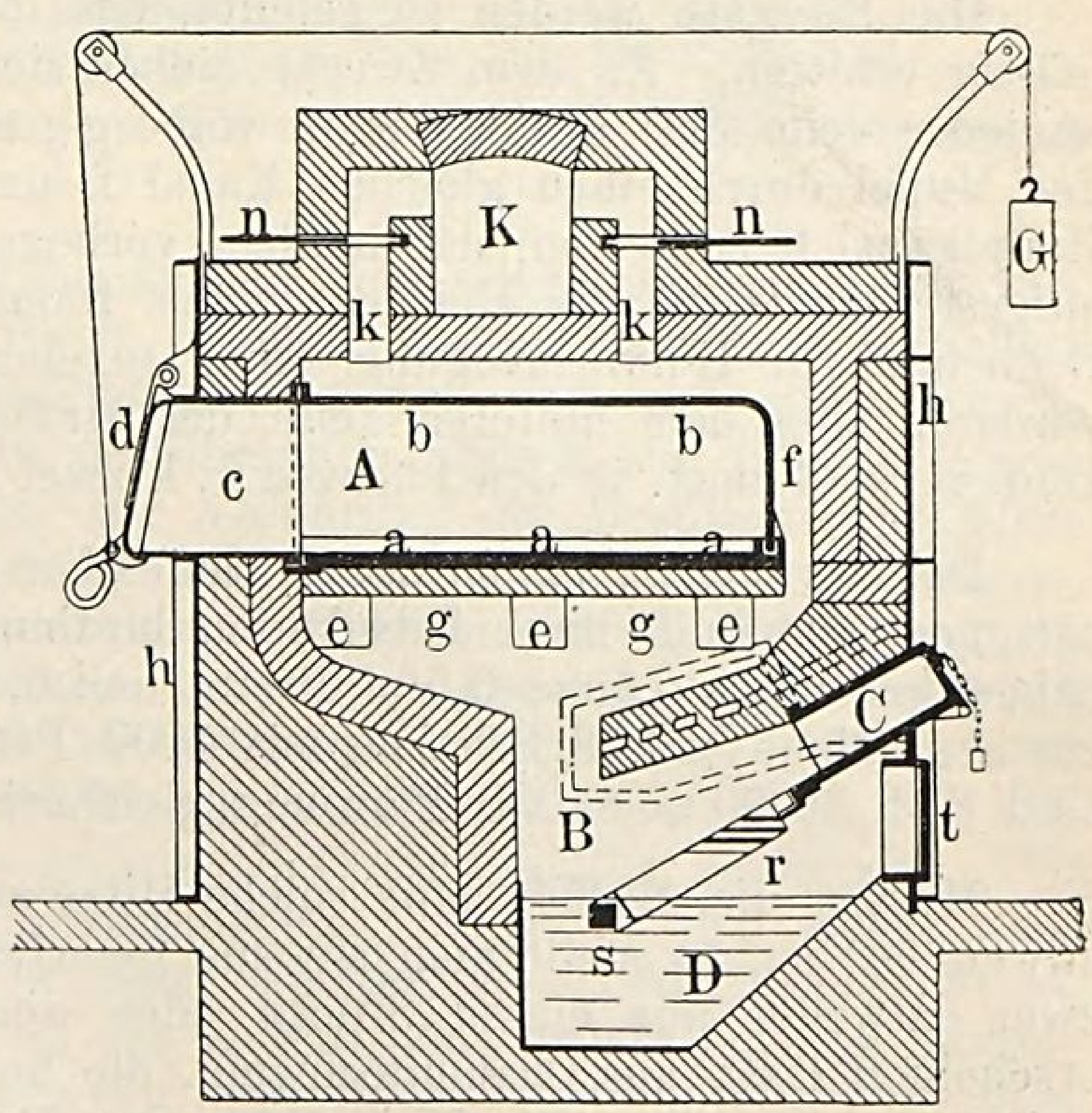


Fig. 382.

Als Muster eines grösseren Muffelofens kann der durch Fig. 382 im Längs- und Querschnitte dargestellte angesehen werden. — Die gusseiserne

Muffel A besteht aus 3 Teilen: der starken Grundplatte a a a, dem ⊓ förmigen Aufsatz b b und dem Stutzen c. Die Platte a ruht auf dem feuerfesten Gewölbe g g, das dieselbe gegen Verbrennen schützt. Der Aufsatz b wird mit dem unteren Rande in eine an der Kante von a herumlaufende Rinne gesetzt und mit Lehm gedichtet. Der Stutzen c befindet sich in dem Ofenmauerwerke, ist mit A durch Flanschen verbunden und mit einer dicht schliessenden Klappthür d versehen, die der leichteren Handhabung wegen mit einem an einer Kette hängenden Gewichte G ausgeglichen ist. Als Feuerung ist hier eine empfehlenswerte sog. Halbgasfeuerung (Schomburg) gewählt, welche bei richtiger Behandlung eine rauchfreie Verbrennung gewähren soll (S 306). Das Brennmaterial wird durch den mit einer Klappe dicht verschliessbaren Füllschacht C eingetragen und über den Schrägrost r verbreitet, dessen Stäbe unten auf einem Rostträger s derart aufruhen, dass sich deren unteren Köpfe mit dem Träger s im Wasser befinden, das den Aschenfall D zum Teil ausfüllt und neben der Abkühlung der genannten Teile den Zweck hat, das Abschlacken zu erleichtern, sowie durch seine Verdampfung das Zusammenschmelzen der Schlacken zu vermeiden und in der S. 320 erklärten Weise zu wirken.

Der Eintritt der Verbrennungsluft erfolgt unmittelbar hinter dem Füllschachte, so dass die Luft sich mit den Gasen unter dem sehr heissen Gewölbe mischt und somit eine heftige und vollkommene Verbrennung in dem Hauptverbrennungsraum B ermöglicht. — Die Thüre t ist zur Bedienung des Rostes und des Aschenfalls D angebracht.

Die Heizgase werden so geleitet, dass sie die Muffel möglichst gleichmässig erhitzen. Zu dem Zwecke ziehen sie durch die Kanäle e, e, e, wovon an jeder Seite drei durch das Gewölbe g g aufwärts steigen, sowie am Ende der Muffel durch einen gleichen Kanal f, um durch die Füchse k, k in den Hauptkanal K zu treten, der in dem vorliegenden Fall aus 8 nebeneinander aufgestellten Oefen die Heizgase einem Dampfkessel zuführt. — Um je nach Bedürfnis zur Hervorbringung einer regelmässigen Wärmeverteilung dem vorderen oder dem hinteren Teile der Muffel mehr Heizgase zuführen zu können, sind noch in den Füchsen k, k zwei Rauchschieber n, n angeordnet.

Der vorstehend beschriebene Muffelofen ist zum Ausglühen der Metallpatronen während ihrer Fabrikation bestimmt (Lorenz). Die 8 Muffeln haben bei 1,2 *m* Länge 0,5 *m* Breite und 0,4 *m* Höhe je einen Rauminhalt zur Aufnahme von 8 Schalen mit 1000 Patronen, so dass sie im Stande sind 8 . 8 . 1000 = 64000 Patronen gleichzeitig auszuglühen.

Müssen die Muffeln eine solche Hitze aushalten, dass Eisen nicht mehr anwendbar ist, so stellt man sie aus feuerfestem Thon (Chamotte) her und zwar entweder aus einem Stücke oder wenn ihre Grösse dies untunlich erscheinen lässt, aus Chamotteziegeln, die hohl sind und derart zusammengefügt werden, dass die Hohlräume der Ziegel zugleich Feuerzüge bilden. Um ferner die Gefahr des Eindringens von Rauch durch etwa entstandene Risse in das Innere der Muffeln und eine dadurch bedingte Beschädigung des Muffelinhaltes zu verhindern, als auch um eine möglichst gleichmässige Erhitzung zu erzielen, zieht man mit Recht bei solchen grossen Muffelöfen der gewöhnlichen Feuerung die rauchfreie Gasfeuerung vor, und zwar in der Regel eine Luftgasfeuerung S. 312.

Der mustergültige in Fig. 383 dargestellte Gasmuffelofen (Möldner und Kreibich) zum Einbrennen der Farben auf Porzellan kann als Typus dieser Oefen gelten. Der Generator A mit dem Fülltrichter F, Treppenroste t, Planroste r und Aschenfall C stimmt wesentlich mit dem Generator Fig. 336 S. 319 überein. Die Gase ziehen durch den Raum B und das Gasventil v in den Kanal D, um sich hier mit der Verbrennungsluft zu mischen, welche durch eine Anzahl Schlitze i aus einem Luftgewölbe L austritt, das eine Fortsetzung von Kanälen bildet, die in dem heissen Mauerwerke ausgespart sind, und in welchen sich die Luft vorwärmt. Der Muffelraum H enthält drei über einander angebrachte Muffeln M, welche durch Oeffnungen k in der Ofenwand beschickt werden, die man während des Brennens mit Thonplatten versetzt. Die aufsteigenden Heizgase erhitzen die Muffeln der Reihe nach, so dass die unterste Muffel die höchste, die zweite die mittlere und die oberste die niedrigste Hitze erhält. Da nun aber zugleich die Einrichtung getroffen ist, dass man die Muffeln von dem Feuer absperren kann, so lassen sich sämmtliche Muffeln der Reihe nach auf den höchsten Hitzegrad bringen. Hierdurch erzielt man zugleich einen ununterbrochenen Betrieb, indem die abgesperrten Muffeln entleert und beschickt werden, während der Inhalt der anderen gar brennt. — Die bei e, e angebrachten Oeffnungen dienen als Schaulöcher.

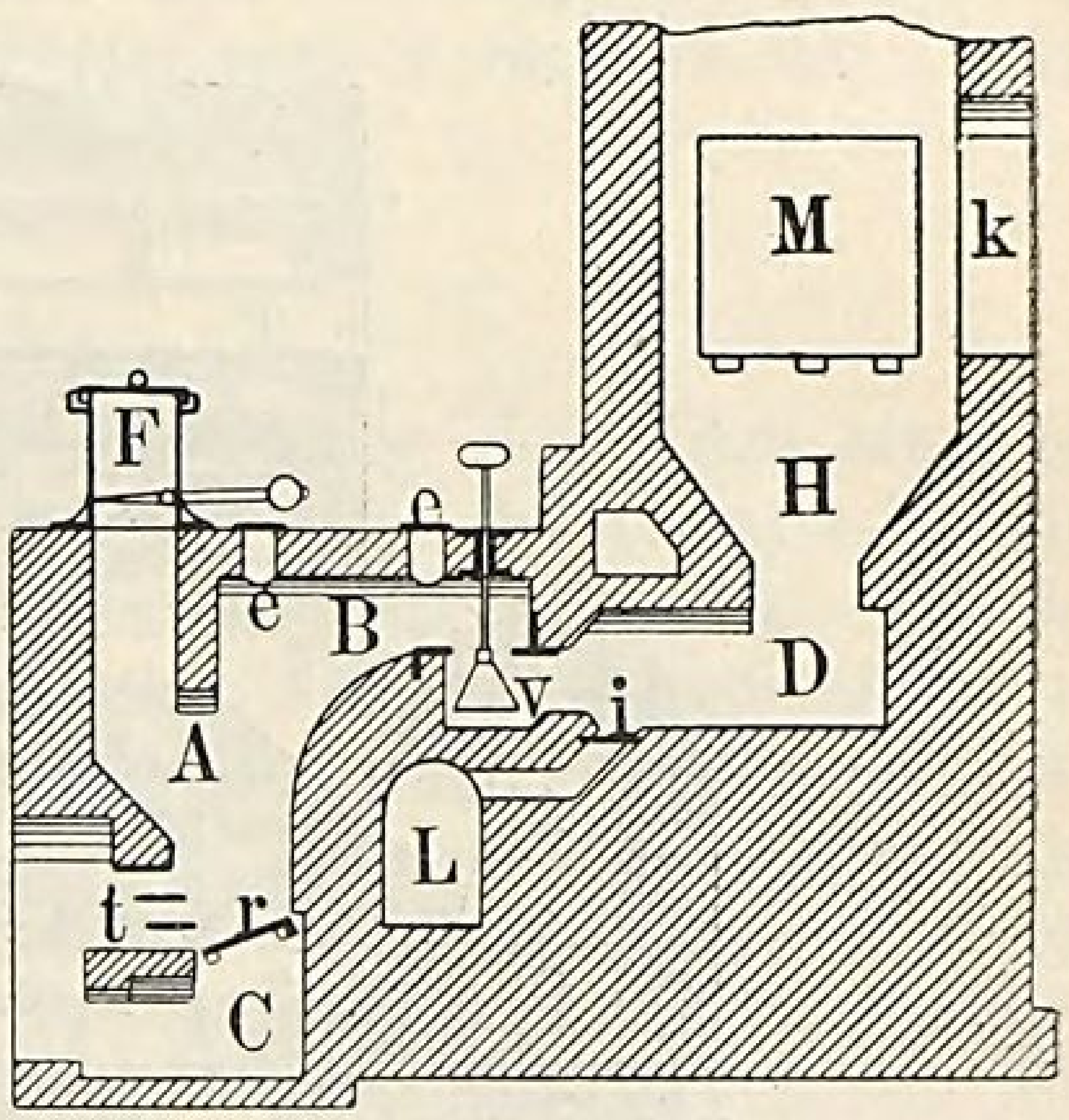


Fig. 383.

Mit dem Namen Retorte bezeichnet man allgemein hermetisch verschliessbare Gefässe aus Glas, Eisen, Kupfer, Platin, Thon oder Porzellan, welche zur Ausführung von Destillationen dienen und aus einem bauchartigen Teil zur Aufnahme der zu destillirenden Substanzen und aus einem angeschlossenen, gebogenen Halse zur Abführung der Destillationsprodukte dienen. Im engeren Sinne nennt man Retorten die in der Leuchtgas-, Mineralöl-, Paraffin- u. s. w. Fabrikation in Gebrauch stehenden rohrartigen Gefässe aus Eisen oder Thon, welche gewöhnlich liegend, mitunter stehend in einen Ofen eingebaut ebenfalls Destillationsgefässe darstellen. Man macht sie jetzt vorwiegend in einem Stücke aus feuerfestem Thon, weil sie, aus diesem Material hergestellt, die grösste Hitze auszuhalten vermögen. Der Querschnitt derselben ist sehr verschieden, doch in der Regel oval ⬭ oder ⌓ förmig. Die übliche Länge wechselt zwischen 250 bis 290 *cm*. Das eine Ende ist geschlossen, an das andere offene Ende ein sog. Mundstück oder Retortenkopf aus Gusseisen angeschlossen und mittels Schrauben befestigt, an welchem sich eine Rohrmuffe zur Aufnahme des Rohres für die Abführung der Destillationsprodukte und ein Verschlussorgan zum Schliessen nach Art Fig. 177 S. 120 befindet.

Die Erhitzung der Retorten finden in den Retortenöfen statt und zwar mit festem Brennmaterial, mit Generatorgas oder auch vereinzelt mit Teer (S. 308). Der Anlage nach stimmen die Retortenöfen mit den Muffel-

öfen überein, nur mit der Abweichung, dass mindestens fünf  mitunter sechs bis acht Retorten in einem Ofen neben einander liegen. Sehr vorteilhaft hat sich bei der Anlage von Retortenöfen die Generatorgasfeuerung mit Wärmespeichern erwiesen und zwar der sog. nasse Betrieb mit Koksgeneratoren und Wärmespeichern, welche unter den Retorten seitwärts neben dem Generator als Labyrinth ausgebildet sind, deren Erhitzung von den abziehenden Rauchgasen bewirkt wird.

Die Skizze Fig. 384 lässt eine bewährte Anordnung eines solchen Retortenofens (Schilling-Bunte) im Wesen erkennen. Der mit Sand-

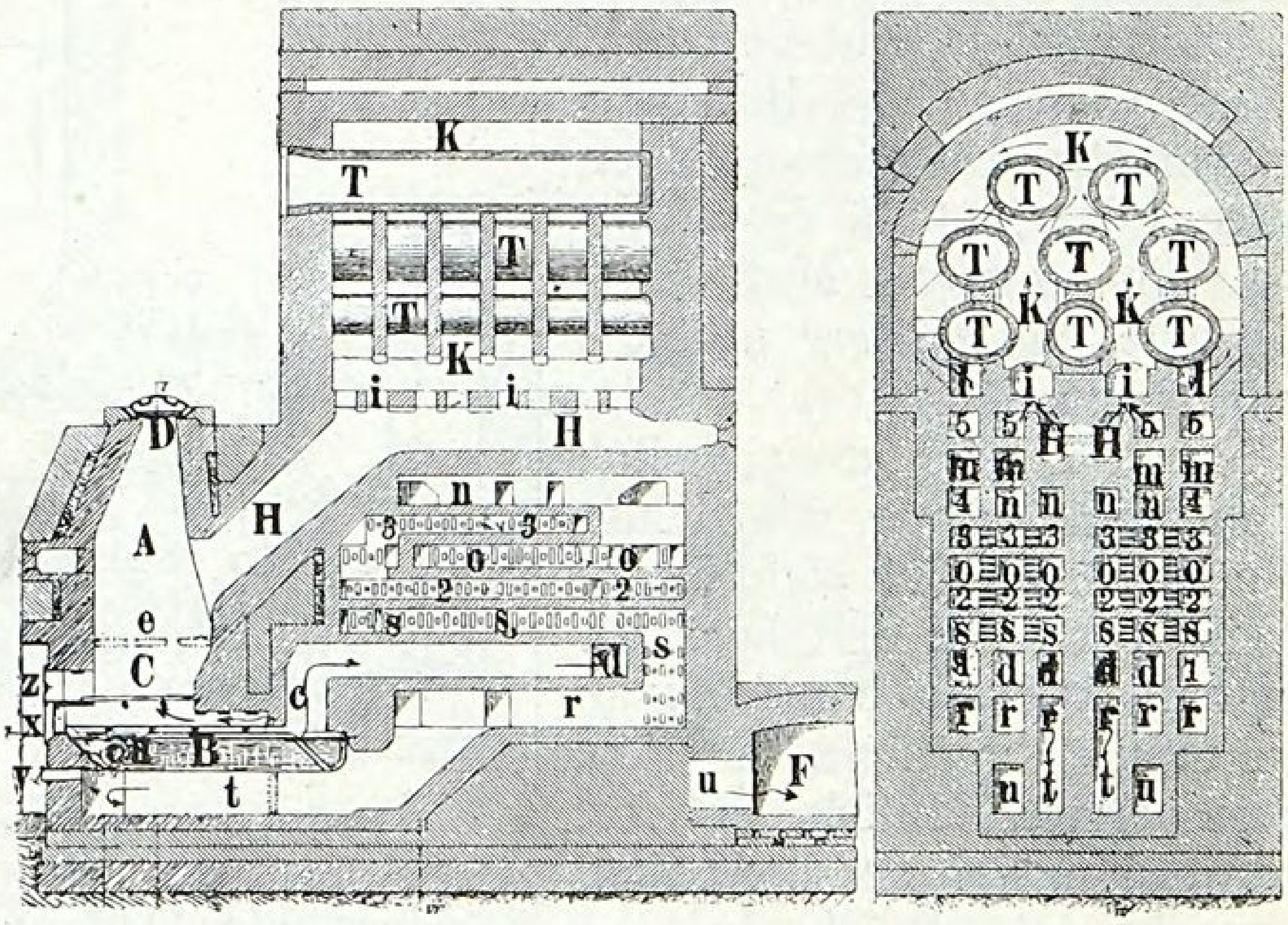


Fig. 384.

verschlussdeckel D, mit Rost C, Schlackenthüren z und x versehene und mit Koksstücken gefüllt gehaltene Generator A steht über dem Wasserkasten B. In diesem Wasserkasten gelangt Wasser zur Verdampfung durch die Wärme der abziehenden Rauchgase, welche den Raum unter dem Wasserkasten durchziehen, bevor sie durch den Kanal u in den Fuchs F gelangen. Die Verbrennungsluft tritt von aussen her bei a in den Wasserkasten B, vermischt sich mit den Wasserdämpfen, passirt ein Labyrinth, welches bei c beginnt, in 4 Gängen d d d d besteht und bei C endet, erwärmt sich an den durch die abziehenden Rauchgase geheizten Wänden dieses Labyrinthes und tritt unter dem Aschenraum C in die Koksfüllung des Generators. Die Gase, welche durch Zersetzung des heissen Wasserdampfes, der Vergasung und Verbrennung der Koks entstehen, gehen zunächst durch den Kanal H in den Retortenofen K K mit 8 Retorten T und treffen in Brennern i, i mit Luft zusammen, welche vorgewärmt bei 5 aus dem Regenerator kommt. Dieser Regenerator besteht aus zwei Systemen von Kanälen, die paarweise vorhanden sind und einzelne horizontale Labyrinthe bilden, die durch vertikale Gänge in Verbindung stehen. Das eine System enthält die Kanäle zum Durchzug der Rauchgase und zwar l, m, n, o, r, s, t, u zum Fuchs F. Das andere System umfasst die Labyrinthe zur Zuführung der Luft, die durch i, i in den Ofen gelangt, und besitzt die Kanäle 1, 2, 3, 4, 5, mit Anschluss der Brenner i, i, in welche die Heizgase aus

H, H zugleich mit der Luft aus 5 zusammen eintreten. Man hat also die Anordnung derart getroffen, dass die Kanäle der beiden Systeme nur durch Wände getrennt sind, welche auf der einen Seite, von den Heizgasen bestrichen, Wärme aufnehmen und auf der anderen Seite diese Wärme an die durchziehende Luft abgeben und zwar nach dem Prinzipe des Gegenstromes, so dass sowohl das Gasgemisch als die frische Luft unmittelbar vor ihrem Zusammentritt am stärksten erwärmt werden. — Die Rauchgase verlassen bei dieser Konstruktion den Ofen K K mit etwa 1400 ° C und treten mit etwa 550 ° C in den Kanal F, woraus folgt, dass eine bedeutende Wärme im Regenerator aufgespeichert und den Brenngasen, sowie der Brennluft zurückgegeben wird. — Eine Stellklappe v regulirt die Dampfmenge durch Einlassen von Luft.

C. Trommelöfen.

Zur Förderung einer gleichmässigen Einwirkung der Hitze einerseits und der in Retorten oder Muffeln befindlichen Stoffe andererseits ist vielfach ein gründliches Durchmischen und Wenden notwendig oder dienlich. Beides erreicht man bei körnigen Stoffen oder kleinen Gegenständen am einfachsten und sichersten dadurch, dass man den Muffeln oder Retorten eine cylindrische oder kegelige Form und eine drehende Bewegung um ihre Längsachse giebt. Auf diese Weise entstehen die Drehöfen mit Drehherden für starke Hitzen und die Trommelöfen mit Trommeln für weniger hohe Wärmegrade. — Die Drehöfen finden namentlich Verwendung in der Metallurgie (Erzrösten, Stahlpuddeln) und Emailliranstalten, zum Ausglühen kleiner Gegenstände der Massenfabrikation (Stahlschreibfedern u. dergl.)

Die Trommelöfen dienen zum sog. Brennen oder Rösten (Kaffee, Getreide, Cichorie, Stärke zur Dextringewinnung u. dergl.), zum Schmelzen in chemischen Fabriken (Soda, Alizarin etc.). Der wesentliche Unterschied beider Anordnungen besteht darin, dass die Drehherde, um der starken Hitze Widerstand zu leisten, aus einem Eisenblechmantel mit Chamottefutter und die Trommeln nur aus Eisenblech hergestellt werden.

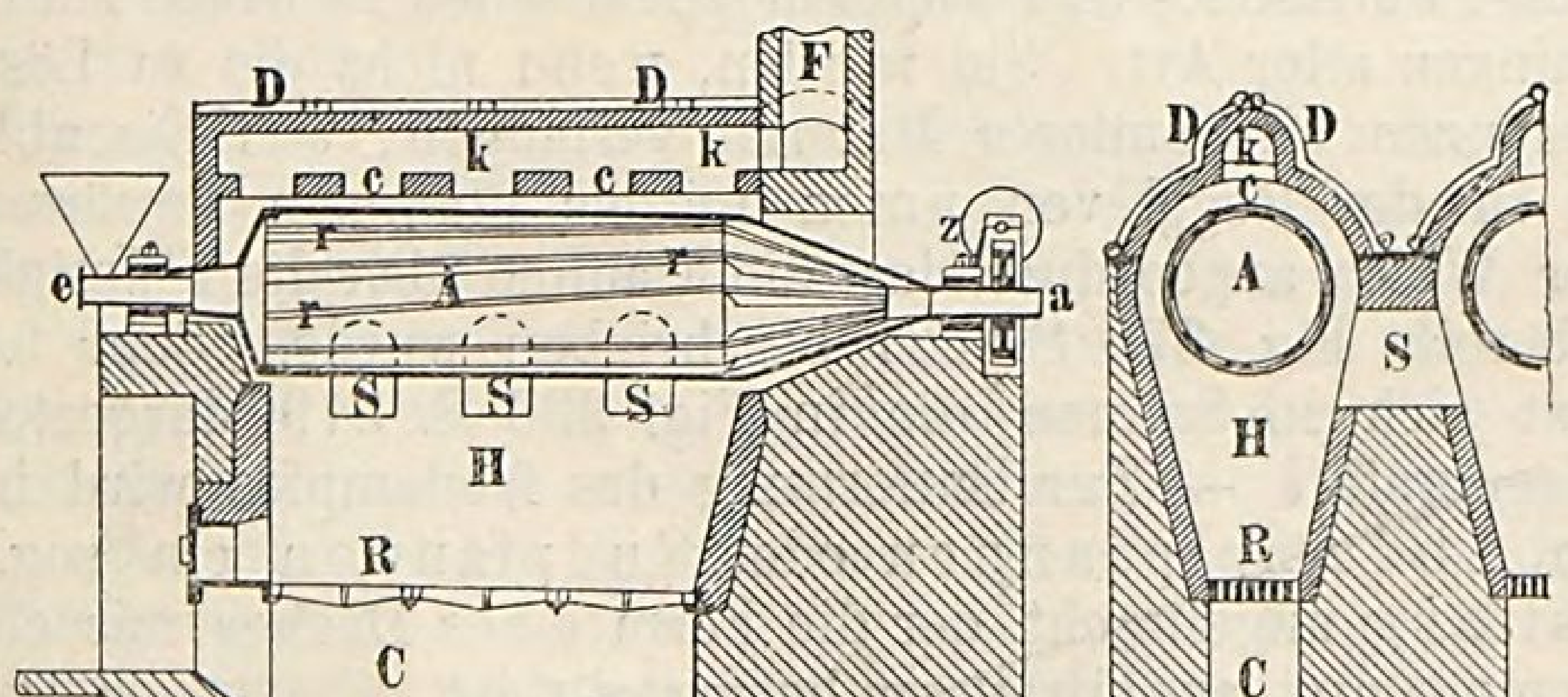


Fig. 385.

In Fig. 385 ist eine der neuesten Konstruktion (Bilhack) eines Drehglühofens im Quer- und Längsschnitte zur Anschauung gebracht. Der Ofen A besteht aus einem Blechcylinder mit kegelförmigen, in Hohlzapfen auslaufenden

Enden e und a, dessen Inneres mit starken schmiedeisernen Rippen r, r versehen ist, welche bei der Drehung des Ofens den Inhalt eine Strecke mit hinaufnehmen und darauf fallen lassen. Die Achse des Cylinders ist nach a zu etwas geneigt, um nach Beendigung des Glühprozesses die Ausleerung durch den hohlen Zapfen zu erleichtern. Damit nun während des Glühens der Inhalt sich nicht bei a ansammelt, haben die Rippen r r eine solche entgegengesetzte schräge Lage erhalten, dass sie dieses Bestreben aufheben, wenn der Cylinder nach einer Richtung gedreht, dahingegen unterstützen und mit Hilfe der Rippen in dem Kegelstumpfe a den Inhalt schnell hinausbefördern, wenn die Drehrichtung umgekehrt wird. Aus dem Grunde ist der Schneckenantrieb bei z (Fig. 111 S. 63) mit einer Umschaltung ausgestattet, die eine Umkehrung der Drehung bewerkstelligt.

Die Feuerung besteht aus einem langen, aber schmalen Roste R, dem Aschenfall C und dem Herde H. Letzterer erweitert sich nach oben, damit die Flamme die Trommel vollständig umspült, bevor sie durch den Rauchkanal k zum Fuchs F gelangen kann. Das Gewölbe D ist aus Eisen mit Chamottefutter aus zwei Hälften gebildet, die um Scharniere drehbar zum Aufklappen, behufs leichten Herausnehmens des Cylinders, eingerichtet sind. Der Rauchkanal k ist durch Oeffnungen c mit demselben derart verbunden, dass die Flamme gezwungen wird, sich gleichmässig zu verteilen. — Liegen mehrere Oefen nebeneinander, so erhalten die Zwischenmauern durchgehende gewölbte Schlitzöffnungen s, s, um die Herde in Verbindung zu setzen.

Die mitunter angetroffene Kugelform der Trommeln hat vor der Kegelform keinen, vor der Cylinderform nur den Vorteil leichter Entleerung.

D. Pfannenöfen.

Pfannen heissen Gefässe verschiedener Art. Vorwiegend versteht man darunter sehr flache oder topfartige Gefässe von bedeutender Grösse.

Die flachen Pfannen eignen sich ihrer grossen Oberfläche wegen besonders zum Abdampfen und finden daher hauptsächlich Verwendung in Salinen, Soda-, Pottasche- und anderen chemischen Fabriken zum Abdampfen von Salzlösungen aller Art. Sie werden, wenn nicht die in Lösung befindlichen Substanzen ein anderes Material verlangen, aus Eisenblech (S. 77) hergestellt, in der Regel von unten mittels Flammen erwärmt, mitunter auch in der Weise angeordnet, dass die Flamme über die Flüssigkeit hinwegzieht, wie bereits Fig. 375 S. 421 beschrieben wurde. Sehr bewährt zum Erhitzen hat sich in Salinen die in Fig. 336 S. 319 dargestellte Anlage des Doppelgenerators. — Zur Entfernung des Abdampfes wird in der Regel über diesen Abdampfpfannen oder Sudpfannen ein sog. Brodem- oder Dunstfang angebracht, der die Form eines Daches mit einem weiten Schlot bekommt und aus Brettern hergestellt ist.

Die topfartigen Pfannen dienen zum Erwärmen grosser Flüssigkeitsmengen, z. B. in Brauereien (Braupfannen) etc. und lassen sich in offene und geschlossene einteilen.

Sie sind gewöhnlich von Cylinderform aus Eisen, Nickel oder Kupfer mit flachem oder gewölbtem Boden (und zwar sowohl nach aussen als nach innen gewölbt) hergestellt und mit Feuerungsanlagen versehen, bei welchen

meistens eine möglichst schnelle Erwärmung des Pfanneninhaltes als Hauptbedingung gilt.

Als Musteranlage einer offenen Braupfanne ist die in Fig. 386 im Vertikalschnitte gezeichnete (Siemens) anzusehen. Die Pfanne A ruht mit ihrem unteren Rande auf dem ganz herumlaufenden Kranz i i, mit dem oberen auf dem Umfassungsmauerwerke und ausserdem mit der Mitte des Bodens auf einem Pfeiler n aus feuerfesten Steinen. Die Feuerung besteht aus zwei Herden B und C, wovon der untere C mit einem schrägliegenden Roste r zum Verbrennen von Steinkohlen, Braunkohlen und schwerem Torf, der obere B für leicht entzündbares, lockeres Brennmaterial (Holzabfall, Späne, leichter Torf etc.) bestimmt ist. Der Luftzutritt zu dem Roste r erfolgt durch c, die Aufgabe von Brennmaterial durch die Schüröffnungen a und b und das Abstossen der Schlacken von dem Roste von c aus durch die Aussparung d, in den Aschenfall D.

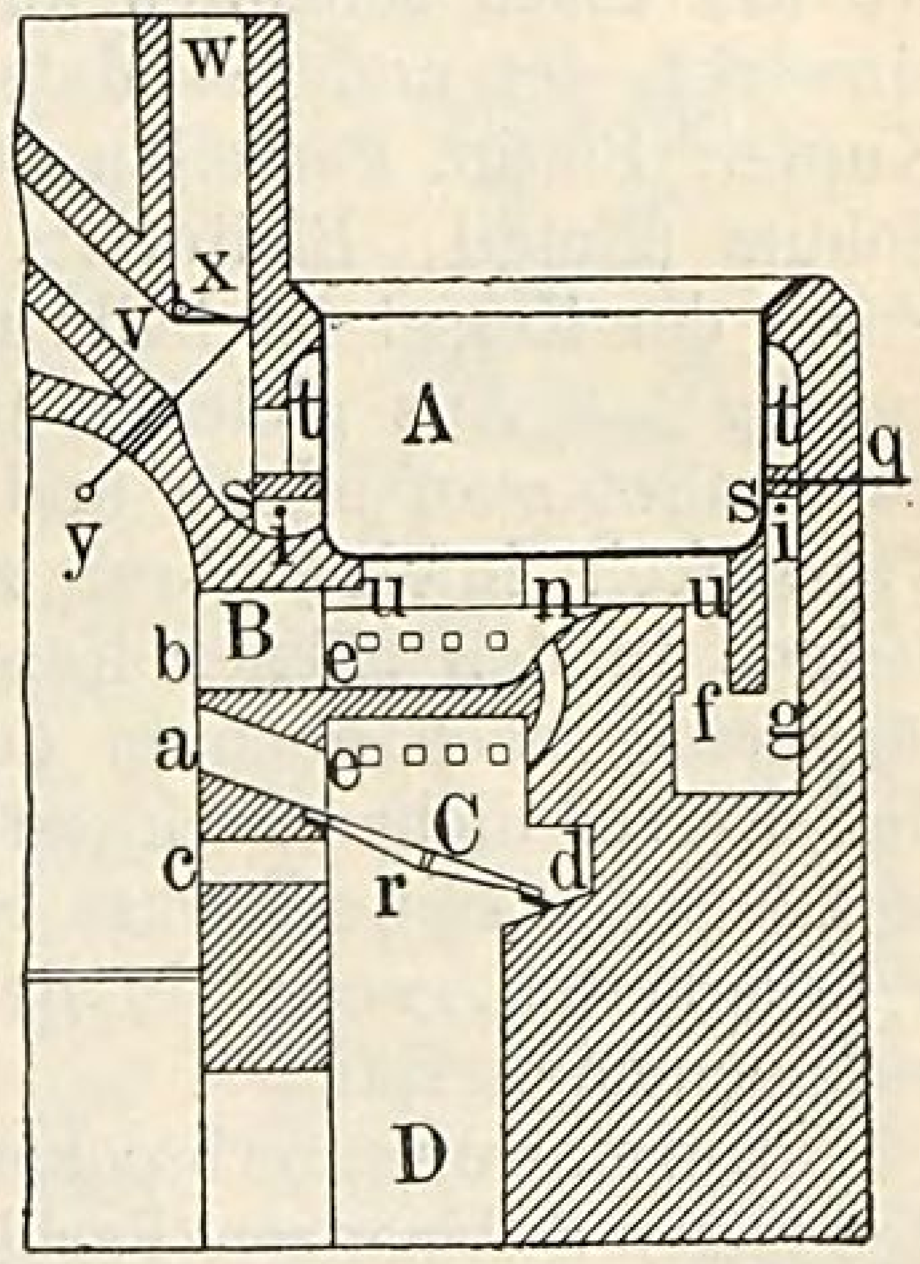


Fig. 386.

Der Herd C ist überwölbt und mit dem Herde B durch eine Reihe von Kanälen e, e, e in Verbindung gebracht, durch welche die Flammen von C nach B und unter die Pfanne gelangen. Wird der Herd B benutzt, so tritt durch diese Kanäle e e die Brennluft zu. Die Heizgase bestreichen zuerst den Kesselboden, steigen darauf durch den Kanal f g in den Raum i i, umziehen den Kessel und entfernen sich je nach der Stellung der Schiebstange y mit Klappe x durch den Zug v zur weiteren Verwendung, z. B. bei den Wärmpfannen, oder durch den Zug w zum Schornstein. Der um die Pfanne A herumlaufende freie Raum ist durch die horizontale Querwand s s noch in zwei Teile i i und t t geteilt, um je nach Bedürfnis nur die untere oder die ganze Umfläche der Pfanne den Heizgasen darbieten zu können, zu welchem Zwecke beide Räume vermittelst eines Schiebers oder Klappenverschlusses t in und ausser Verbindung zu setzen sind.

Die geschlossenen Pfannen werden entweder nach Art der Kessel durch Zusammennieten von Blechstücken erzeugt oder sie bestehen aus der Pfanne mit aufgeschraubtem Deckel. Den offenen Pfannen gegenüber besitzen sie den Vorteil, dass der Inhalt derselben sowohl unter als über den Atmosphärendruck gebracht werden kann, je nachdem man den Pfannenraum mit einem Vakuumapparat versieht oder in demselben eine Dampfspannung eintreten lässt. Da nun unter geringerem Drucke die Verdampfung bei niedrigerer Temperatur von statten geht und unter höherem Drucke sich manche Prozesse schneller und vorteilhafter vollziehen, so stehen demgemäss auch geschlossene Pfannen als Verdampf- und Kochapparate viel in Gebrauch.

E. Kesselöfen.

Die Kessel bilden jene grosse Klasse von Wärmeapparaten, welche den mannigfaltigsten Zwecken, hauptsächlich jedoch zum Schmelzen leicht-

flüssiger Körper (Blei, Zinn, Wachs, Stearin, Asphalt, Harz etc.) oder zum Kochen der verschiedenartigen Substanzen in den Färbereien, Bleichereien, Leim-, Seife-, Papier-, Firniss- etc. Fabriken oder auch nur zum Erwärmen, z. B. der Oelsamen vor dem Auspressen etc., sowie endlich zum Abdampfen etc. dienen.

Ihrer Bestimmung nach sind sie namentlich in der Grösse sehr verschieden, indem sie sich einerseits an die Dampfkessel und Pfannen anschliessen, andererseits z. B. zum Schmelzen von Blei oder Zinn nur einen kleinen Rauminhalt nötig haben. Als Material zu diesen Kesseln steht vorzugsweise Eisen (Guss- und Schmiedeisen) in Anwendung; nur in Fällen, wo das Eisen schädlich auf den Inhalt oder umgekehrt, dieser auf das Eisen einwirkt, ist anderes Material zu wählen: Kupfer, Nickel, eisenplattirtes Kupfer, Platin, Porzellan etc. oder das Eisen mit einem widerstandsfähigen Schutz (Email, Bleifutter, Porzellanfutter u. dergl.) zu bekleiden. — Die Form der Kessel ist halbrund, cylindrisch, kugel- und birnförmig, mitunter kegelig. — Aus gleichen Gründen wie bei den Pfannen unterscheidet und verwendet man offene und geschlossene Kessel. — Ist die zu erwärmende Flüssigkeit infolge ihrer zähen oder schleimigen Beschaffenheit zum Aufsteigen in den offenen Kesseln geneigt, so erhalten diese eine passende Verlängerung nach oben in der Gestalt eines Aufsatzes (Sturz), der sich an den Kessel dicht anschliesst und oft aus Holz vielfach aber aus einer Fortsetzung des Mauerwerkes besteht. Bei kleinen Kesseln und wenig steigenden Flüssigkeiten genügt in der Regel die Anbringung eines breiten, kegelförmig aufsteigenden Randes.

Um eine ununterbrochene Berührung zwischen den festen Substanzen (Farbhölzer, Leimgut u. dgl.) mit der Flüssigkeit (Wasser etc.) hervorzubringen und damit den Einwirkungsprozess zu begünstigen, werden die Kessel entweder in Drehung versetzt (Drehkessel, Drehkocher) oder mit Rührwerken versehen oder derart eingerichtet, dass die Flüssigkeit zum Umlaufen gezwungen wird.

Manche Stoffe entwickeln bei ihrer Erwärmung Gase oder Dämpfe, die wegen ihres starken Geruches, aus Gesundheitsrücksichten u. dergl. sofort zu entfernen oder zu vernichten sind. Die Entfernung erfolgt in der Regel dadurch, dass man die ausgetriebenen flüchtigen Produkte in Abzugsessen oder Kanäle leitet oder durch Abkühlung verdichtet und sammelt; zum Zwecke der Vernichtung werden dieselben vielfach in die Feuerung geleitet und verbrannt oder von anderen Stoffen absorbirt. — Unter Umständen können, der Zusammensetzung der flüchtigen Produkte entsprechend, sämmtliche genannte Maassregeln gleichzeitig getroffen werden.

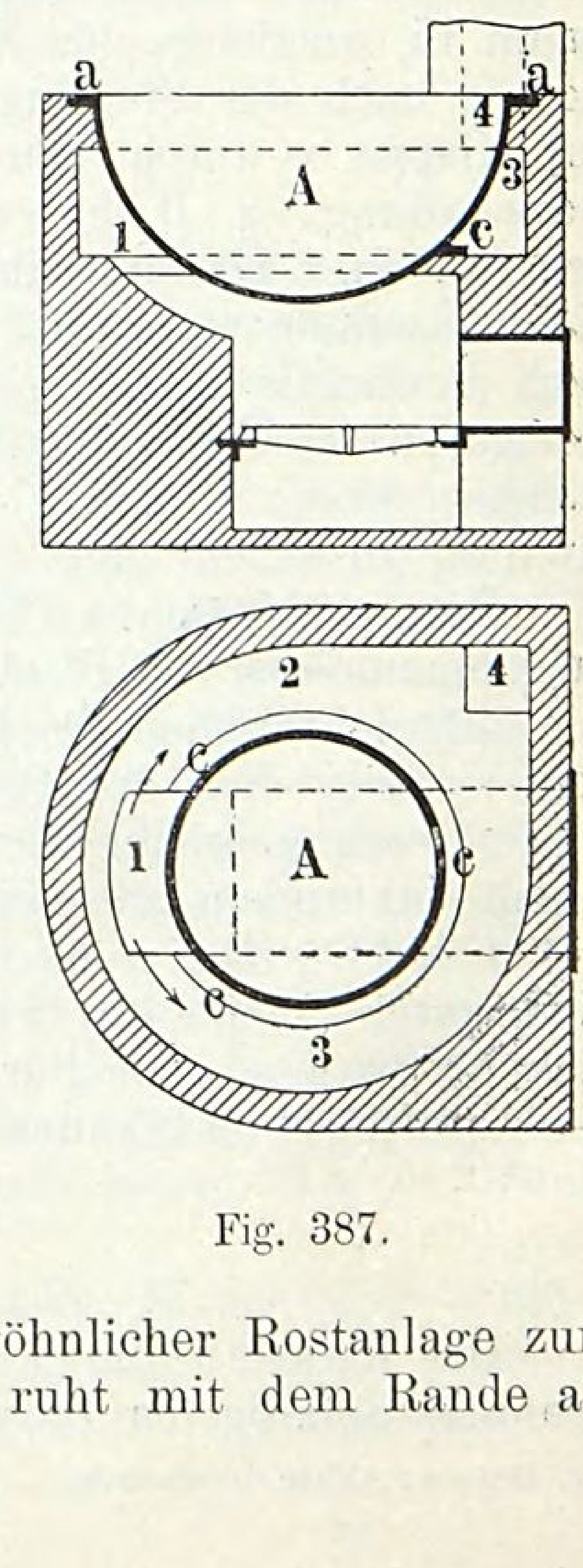


Fig. 387.

Als Beispiele und Vorbilder von Kesselanlagen mit direkter Heizung mögen folgende dienen.

Fig. 387 zeigt einen offenen Kessel mit gewöhnlicher Rostanlage zum Schmelzen leichtflüssiger Stoffe. Der Kessel A ruht mit dem Rande a a

auf dem Mauerwerke und mit mehreren Pratzen oder Randstücken c, c, c auf dem vorspringenden Kranz des Herdmauerwerkes auf. Die brennenden Gase treffen zuerst den Kesselboden, umziehen darauf den Kessel durch die Züge 1, 2, 3, indem sie sich teilen und vereinigen sich wieder beim Eintritte in den Fuchs 4.

Auf denselben Grundlagen der Konstruktion beruhen alle Kessel zum Kochen etc., soweit sie sich über freiem Feuer befinden.

Die allgemeine Einrichtung eines Oelbades mit Kessel und Rührwerk geht aus Fig. 388 hervor. Dieselbe besteht aus zwei ähnlichen in einander geschobenen Kesseln a und b, dessen Zwischenraum mit Oel gefüllt ist. Der äussere Kessel hat einen T förmigen Rand, mit dem er auf dem Mauerwerke m m aufruht und den eingesetzten inneren Kessel trägt, der sich mit einem Rande auflegt und zugleich zentrirt, weil die Ringöffnung des äusseren Kessels den Durchmesser des inneren Kessels hat. — Die einfache Rostfeuerung mit den Feuerzügen ist der in Fig. 387 dargestellten ähnlich. Ueber dem Kessel ist ein Dunstfang d d angebracht, der an Ketten k, k auf- und abbeweglich hängt und den Zweck hat, die bei der Erhitzung etwa entstehenden Dünste aufzufangen und dem Dunstrohr S zuzuführen. Das Rührwerk ist zusammengesetzt aus der oben und unten gelagerten vertikalen Rührwelle w mit den zwei Flügeln v und v, und aus der horizontalen Antriebswelle h mit den Kegelrädern r. Die zwei Flügel v bekommen gegen die Achse eine geneigte Lage, so dass sie wie Schaufeln wirken, und eine verschiedene Höhenlage, um das Umwenden und Mischen auf möglichst viel Material auszudehnen. Ein Thermometer t dient zum Ablesen der im Oelbade herrschenden Temperatur.

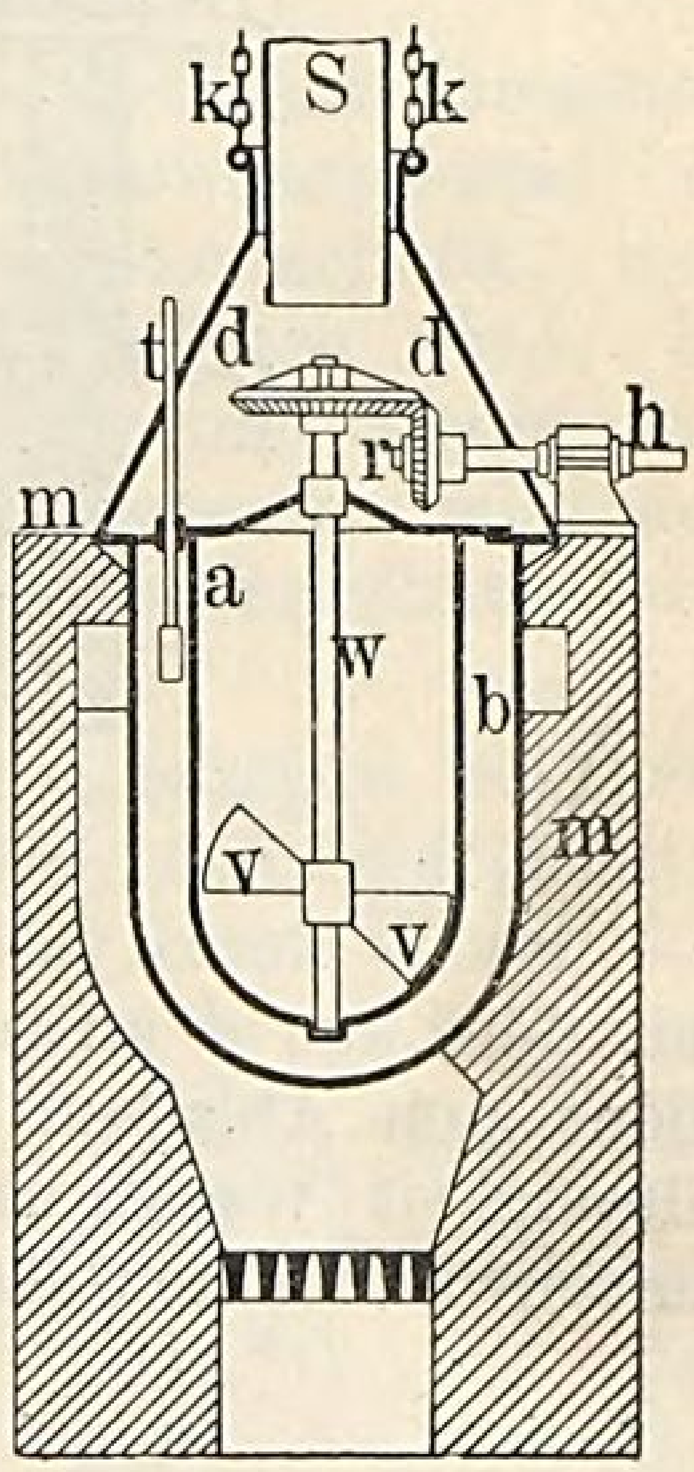


Fig. 388.

Beim Ausschmelzen der Fette aus den thierischen Geweben und auch beim Umschmelzen der Rohfette entsteht, infolge teilweiser Zersetzung des anhaftenden Blutes u. dergl., ein solcher unerträglicher Geruch, dass zum Abfangen und Vernichten der sich bei dieser Operation bildenden stinkenden Gase und Dämpfe verschiedene sog. T a l g s c h m e l z ö f e n in Anwendung stehen.

Die in Fig. 389 dargestellte Anordnung ist namentlich für kleinere Anlagen empfehlenswert. Der Schmelzkessel A aus Gusseisen mit der dicht verschliessbaren Haube C, der Füllthüre B und dem Siebboden E wird, wie gewöhnlich, mit Flanschen von dem Mauerwerke m m getragen und von dem freien Rostfeuer F erwärmt. Die während des Schmelzens sich bildenden Dämpfe und Gase ziehen durch das Rohr a zunächst in den Kondensator D, auf dessen geneigt liegenden Flächen c, c Kalkhydrat ausgebreitet ist. In diesem Behälter wird der Wasserdampf grösstenteils kondensirt und durch das Rohr d mit Selbstverschluss e abgeführt. Der Rest des Wasserdampfes und die Gase gelangen durch das Rohr b in den

mit Schwefelsäuregetränktem Bimstein gefüllten Bleicylinder E, der eine weitere Trennung veranlasst, indem die Gase durch das Rohr f unter die Feuerung strömen und verbrennen, und das weiter kondensirte Wasser sich

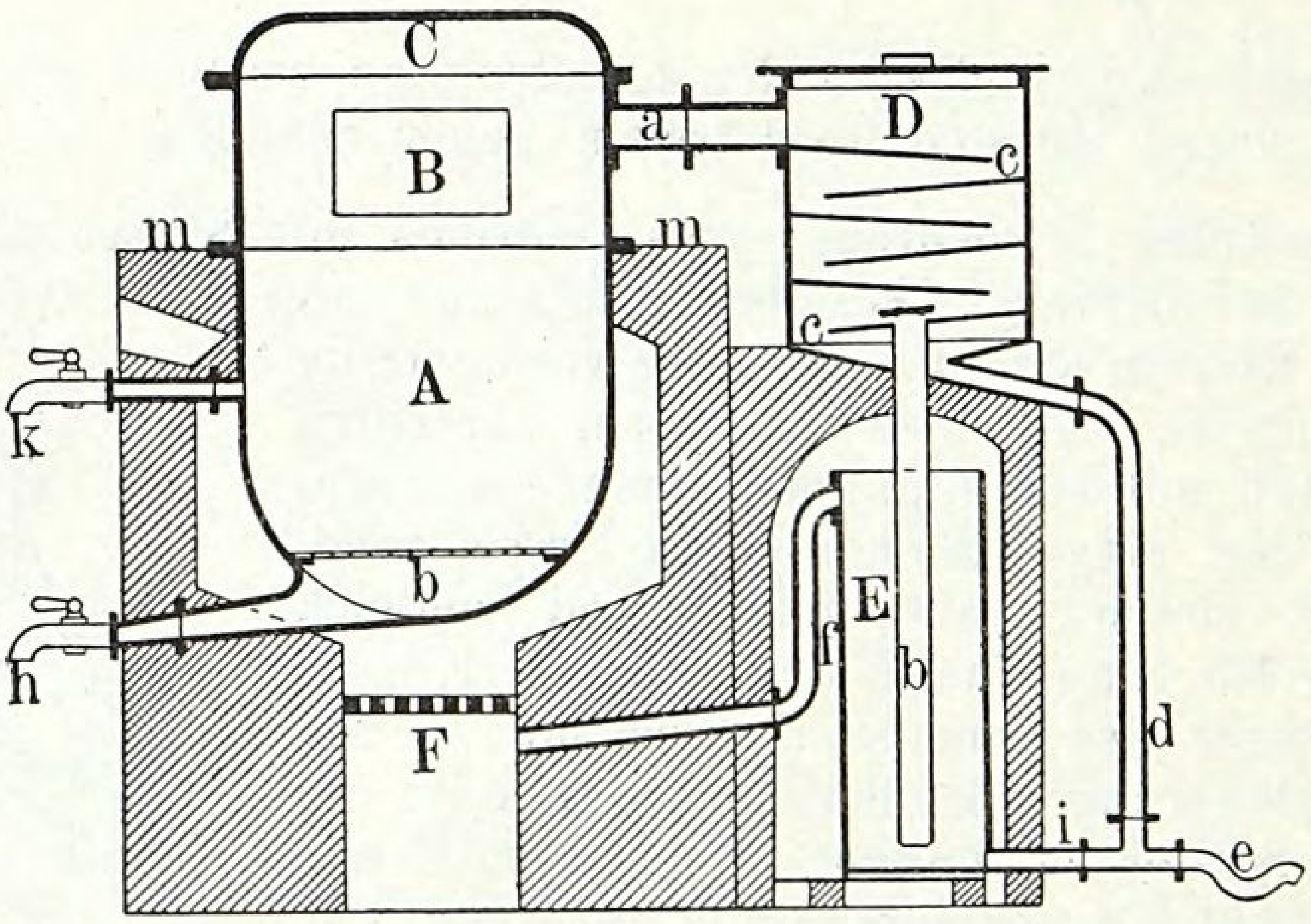


Fig. 389.

mit dem aus d austretenden durch das Zweigrohr i vereinigt. Der Hahn h dient zum Ablassen der unter dem Boden b sich sammelnden schwereren Flüssigkeit (Wasser und Fett), der Hahn k zum Ablassen des ausgeschmolzenen aufschwimmenden Talges.

Zweites Kapitel.

Wärmeanlagen mit mittelbarer Wärmezuführung.

Die Wärmeanlagen mit mittelbarer Wärmezuführung beruhen auf der Benutzung von Wärmeträgern, also solcher Stoffe, welche Wärme aufzunehmen und fortzutragen vermögen.

Wenn auch die bei diesen Wärmeanlagen gebrauchte Wärme im allgemeinen durch Verbrennen der Brennstoffe (S. 269) hervorgebracht wird, so ist es doch nicht ausgeschlossen, auch andere unter Wärmeentwicklung stattfindende chemische Prozesse als Wärmequelle auszunutzen.

Eine Erfindung dieser Art (Honigmann) besteht darin, Wasserdampf nicht mittels direkter Feuerung, sondern durch Wärmeabgabe von Seite einer heissen Flüssigkeit zu erzeugen, deren fortgesetzte Erwärmung durch beständiges Einleiten von Wasserdampf in dieselbe hervorgerufen wird, ähnlich wie auch bei der gewöhnlichen Feuerung die Verbrennung und Wärmeerzeugung durch stete Luftzufuhr unterhalten werden muss. Die Flüssigkeiten, welche hiebei Verwendung finden können, sind durch verschiedene chemische Verbindungen gegeben, welche einen hohen Siedepunkt besitzen und Wasserdampf unter Wärmeentwicklung aufzunehmen und zu absorbieren vermögen. Zu den hiebei in Frage kommenden Flüssigkeiten gehören die meisten hygroskopen Chemikalien, wie Natron- und Kalilauge,

Chlorkalzium, Schwefelsäure u. a., von denen jedoch nur die Natronlauge aus verschiedenen praktischen Gründen am verwendungsfähigsten sich erwiesen hat.

Bei dem in Rede stehenden Verfahren der Dampferzeugung wird Natronlauge von bestimmter Konzentration und damit bestimmtem Siedepunkt dazu verwendet, den Auspuffdampf einer Maschine zu absorbieren. Vermöge der hiedurch entstehenden Erhitzung wird alsdann durch Wärmeabgabe an einen, mit der Natronlauge in Berührung befindlichen Kessel Wasser verdampft und dadurch neuer Betriebsdampf geliefert, bis bei bestimmter Verdünnung der Lauge ihr Siedepunkt erreicht ist und damit die Aufnahme des Auspuffdampfes aufhört.

Die Vorrichtungen für die Durchführung dieses Prozesses bestehen somit im wesentlichen aus einem Dampf- bezw. Warmwasserkessel, in welchem eine gegebene Menge überhitzten Wassers angesammelt ist, und aus welchem der Dampf für die Betriebsmaschine entnommen wird. In oder um denselben ist der Natronkessel angeordnet, der mit Lauge von bestimmter Konzentration gefüllt wird. Mit Beginn des Prozesses wird der Auspuffdampf in den Natronkessel geleitet, worauf der obenerwähnte Vorgang eintritt.

Die folgende Tabelle der Siedepunkte der Natronlösungen bei verschiedenen Konzentrationsgraden in Verbindung mit den, den Siedepunktstemperaturen entsprechenden Dampfspannungen, zeigt das ganze Wesen des Verfahrens.

Natronlauge $NaOH$ H_2O	Siedepunkt	Atm. Ueberdruck (Wasserdampf)	Natronlauge $NaOH$ H_2O	Siedepunkt	Atm. Ueberdruck (Wasserdampf)
100 + 10	256 °C.	—	100 + 85	151,5 °C.	3,9
„ + 12,5	245,5 „	—	„ + 90	149 „	3,6
„ + 15	237 „	—	„ + 95	146,5 „	3,3
„ + 17,5	229 „	—	„ + 100	144 „	3,0
„ + 20	220,5 „	—	„ + 120	136 „	2,2
„ + 25	208 „	—	„ + 140	130 „	1,60
„ + 30	200 „	—	„ + 160	126 „	1,35
„ + 35	192,5 „	12,1	„ + 180	122,5 „	1,20
„ + 40	185,5 „	10,2	„ + 200	120 „	0,95
„ + 45	179,8 „	8,8	„ + 220	117 „	0,75
„ + 50	174,5 „	7,7	„ + 240	115 „	0,65
„ + 55	170,3 „	7,0	„ + 260	113 „	0,55
„ + 60	166 „	6,1	„ + 280	111,6 „	0,45
„ + 65	162,5 „	5,5	„ + 300	110,3 „	0,4
„ + 70	159,5 „	5,1	„ + 350	108,6 „	0,35
„ + 75	156,5 „	4,6	„ + 400	107 „	0,3
„ + 80	154 „	4,2	„ + 450	106 „	0,27

Wird beispielsweise der Natronkessel mit Lauge von 220 ° Siedepunkt (100 T. Natronhydrat und 20 T. Wasser) gefüllt, so muss der Prozess mit einer niedrigen Temperatur, etwa 159 ° entsprechend 5 Atm. Dampfspannung, beginnen und kann so lange fortgesetzt werden, bis durch Aufnahme des Auspuffdampfes, bei gleichbleibender Natrontemperatur die, dem betreffenden Siedepunkt von 159 ° entsprechende Laugenverdünnung (100 T. NaOH und

70 T. H_2O) erreicht ist. Alsdann wird der Dampf unabsorbiert aus der Natronlauge entweichen und deren Temperatur sinken, somit die Wärmeabgabe an das Wasser sich vermindern.

Der Prozess kann jedoch in regelmässiger Weise wieder fortgesetzt werden, wenn die Dampfspannung und damit die Laugentemperatur vermindert wird, etwa auf 3 *Atm.* entsprechend einem Siedepunkt von 144 °, so dass alsdann die Lauge noch bis zu dem entsprechenden Verdünnungsgrad (100 T. NaOH und 100 T. H_2O) ausgenutzt werden kann u. s. f.

Die Grenze der Wirksamkeit der Natronlauge ist daher aus dem Zusammenhang zwischen Konzentrationsgrad, Siedepunkt und Dampfspannung bestimmt; die Regelung der Dampferzeugung ist hiebei eine ganz selbstthätige, indem die Laugenerwärmung vollkommen gleichen Schritt mit dem Dampfverbrauch hält.

Ist auf die angedeutete Weise die Grenze der Arbeitsfähigkeit erreicht und eine bestimmte Menge Natronlauge bei der gegebenen Dampfspannung, mit welcher überhaupt noch gearbeitet werden kann, soweit verdünnt, dass sie nicht weiter aufnahmefähig ist, so muss für den Wiederbeginn des Verfahrens der Natronkessel mit frischer, konzentrirter Lauge beschickt bezw. die gebrauchte Lauge auf ihren ursprünglichen Konzentrationsgrad eingedampft werden. Die für dieses Wiederverdampfen durch direkte Heizung aufzuwendende Wärmemenge wird demnach maassgebend sein für die Oekonomie des ganzen Kreisprozesses.

Obwohl zweifelsohne die genannte Art der Wärmeerzeugung unter Umständen wegen einer damit verbundenen gewissen Bequemlichkeit und Feuersicherheit beachtenswert erscheint, so ist sie bis jetzt in der Anwendung auf nur wenige Fälle beschränkt geblieben.

Bezüglich der bei den vorliegenden Wärmeanlagen in Gebrauch stehenden Wärmeträger ist zu bemerken, dass als solche entweder feste oder flüssige beziehungsweise gasförmige Körper verwendet werden, wonach sich diese Anlagen einteilen lassen in solche mit festen und in solche mit flüssigen Wärmeträgern.

I. Wärmeanlagen mit festen Wärmeträgern.

Unter festen Wärmeträgern werden hier Körper verstanden, welche in passender Weise, z. B. in offenen Feuern oder über Flammen u. dergl. bis zu dem zweckentsprechenden Grade erwärmt und dann nach den Stellen gebracht werden, wo die Wärme ihre Verwendung finden soll. Dieser Art der Wärme-Aufnahme und Abgabe gemäss bestehen diese Träger fast ausschliesslich aus Metall, in einzelnen Fällen aus natürlichen oder künstlichen Steinmassen.

Obwohl diese Wärmeträger den Vorteil besitzen, hohe Temperaturen zur Verwendung bringen zu können, so tragen sie neben einer in der Regel durchaus ungenügenden Ausnutzung der Wärmequelle, den Mangel in sich, dass sie weder eine gleichmässige Erwärmung, noch die Erwärmung grösserer Gegenstände ermöglichen.

Die Verwendung derselben ist daher keine ausgedehnte, vielmehr nur eine auf wenige untergeordnete Zwecke beschränkte. Hierher gehören u. a.

die Lötkolben zum Löten der Metalle, die Glührollen zum Einlegen in die Walzen der Appreturkalander, die Pressplatten, welche für verschiedene Anwendungen der Pressen erwärmt werden u. dergl.

II. Wärmeanlagen mit flüssigen Wärmeträgern.

Von grösster Wichtigkeit dahingegen sind die flüssigen Wärmeträger, weil sie nicht nur durch Leitungen (Röhren und Kanäle) von einer Wärmequelle aus leicht, bequem und sicher zu jeder Gebrauchsstelle geführt werden können, sondern auch im Stande sind, beliebig grosse Gegenstände mit jeder gewünschten Gleichmässigkeit zu erwärmen. — Der bemerkenswerteste Vorteil in der Verwendung dieser flüssigen Wärmeträger liegt darin, dass es hierbei möglich ist, von einer einzigen Wärmequelle aus beliebig viele Gebrauchsstellen mit Wärme zu versehen, d. h. das System einer Zentralanlage auch hier auszunutzen. Infolgedessen vereinfacht sich, den Einzelheizungen gegenüber, allgemein der Betrieb und die Anlage, steigert sich die Ausbeute der Brennstoffe, da durchschnittlich angenommen werden kann, dass die Verhältnisse bei einer grossen Feuerungsanlage sich günstiger gestalten, als bei mehreren oder zahlreichen kleinen, teils deshalb, weil im ersteren Fall der Verbrennungsprozess besser zu leiten ist, teils deshalb, weil die Verluste an Wärme verhältnismässig kleiner ausfallen.

Diesen günstigen Verhältnissen entsprechend finden die Wärmeanlagen mit indirekter Wärmezuführung von einer Zentralstelle aus die ausgedehnteste Verwendung, um so mehr, als es bei sorgfältiger Ausführung und Beaufsichtigung möglich ist, ohne erheblichen Wärmeverlust vermittelst der flüssigen Wärmeträger die Wärme nach sehr erheblichen Entfernungen zu leiten und zur Anwendung zu bringen. — Eine Beschränkung dieses Wärmetransportes liegt nur in dem Umstande, dass sehr hohe Temperaturen ausgeschlossen sind.

Als flüssige Wärmeträger kommen, abgesehen von den S. 418 erwähnten Bädern, nur in Betracht:

1. die atmosphärische Luft,
2. das Wasser,
3. der Wasserdampf.

Aus der spezifischen Wärme, welche die atmosphärische Luft (S. 274) besitzt, geht hervor, dass 1 *kg* Luft bei z. B. 100 ° eine Wärmemenge von 100 . 0,2375 = 23,75 *WE* aufzunehmen und demnach auch ebensoviel abzugeben im Stande ist, wenn sie sich auf 0 ° abkühlt. — Das Wasser demgegenüber hat bei derselben Temperatur 100 . 1 = 100 *WE* pro *kg* aufgenommen und abzugeben. Dahingegen besitzt der Wasserdampf (S. 278) bei 100 ° eine Wärmemenge von 537 *WE*, so dass 1 *kg* Wasserdampf von 100 ° bis zu seiner Kondensation 537 *WE* und bis zu seiner Abkühlung auf 0 ° sogar 637 *WE* abzugeben vermag. — Unter der Voraussetzung einer ununterbrochenen Wärmezufuhr ist daher zur Abgabe von 1 *WE* erforderlich:

1. bei atmosphärischer Luft	1 : 23,75	= 0,042 *kg*,
2. bei Wasser	1 : 100	= 0,01 ,,
3. bei Wasserdampf	1 : 637	= 0,0015 ,,

Diese Zahlen lassen deutlich erkennen, wie wenig die Luft zum Wärmetransport geeignet ist, da bei ihrer Anwendung zur Uebertragung der Wärme ausserordentlich grosse Luftmengen notwendig werden, die nicht nur entsprechend grosse Anlagen fordern, sondern auch bedeutende Verlustquellen in sich tragen.

Erheblich vorteilhafter stellt sich schon das Wasser als Wärmeträger heraus, indem unter gleichen Umständen zur Wärmeübertragung nur etwa $^1/_4$ soviel Wasser als Luft und demnach eine bedeutend kleinere Anlage ausreicht.

Bei weitem überlegen für den in Rede stehenden Zweck ist der Luft und dem Wasser jedoch der Wasserdampf, indem derselbe, bei der gleichen Menge der zu übertragenden Wärme und unter den gemachten Annahmen, das Wasser um etwa das 5fache und die Luft um das 26fache übertrifft, da 1 *kg* Wasserdampf 26 mal so viel Wärme als 1 *kg* Luft und 5 mal so viel Wärme als 1 *kg* Wasser zu übertragen im Stande ist. Weil ausserdem der Wasserdampf bei guter Isolirung der Leitungen (S. 93) und selbst bedeutenden Entfernungen nur wenig Wärme verliert, sowie in Bezug auf den Raumbedarf die geringsten Ansprüche macht, so ist die Thatsache leicht begreiflich, dass bei den Heizanlagen mit mittelbarer Wärmeübertragung den Zentral-Wasserdampfanlagen vor allen anderen der Vorzug eingeräumt wird. — Einer Beschränkung unterliegt die Dampfheizung nur insofern, als sehr hohe Temperaturen ausgeschlossen zu sein pflegen, indem, wie Tabelle S. 280 erkennen lässt, dieselben durch die Spannungen begrenzt werden. Wenn auch in einzelnen Fällen mit Hilfe des Wasserdampfes Temperaturen bis 250 °, entsprechend einem Drucke von 25 *Atm.* zur Anwendung kommen, so wird doch gewöhnlich über 180 bis 200 °, entsprechend einem Drucke von etwa 10 bis 15 *Atm.* nicht hinausgegangen. — Mitunter macht man von überhitztem Dampf Gebrauch.

Liegt die Aufgabe vor eine gewisse Menge (V in *kg*) einer Flüssigkeit vom spez. Gew. 1 von der Temperatur t auf die Temperatur T mittels Wasserdampf zu erwärmen, so ist zur einfachen Erwärmung nach Wärmeeinheiten q erforderlich

$$q = V \cdot c\,(T - t)$$

wenn man mit c ihre mittlere spez. Wärme zwischen t und T bezeichnet.

In dem Fall, in welchem der Dampf direkt in die Flüssigkeit geleitet wird, berechnet man die Dampfmenge Q in *kg*, welche hierzu erforderlich ist, genügend annähernd nach der Formel:

$$T = \frac{640\,Q + V\,t}{Q + V}$$

aus welcher sich ergiebt:

$$Q = \frac{V\,(T - t)}{640 - T}$$

allerdings der Einfachheit wegen unter der Annahme, dass ein *kg* Dampf bei jeder Spannung 640 *WE* besitzt.

In Bezug auf die Verwendungsform des Wasserdampfes als Wärmeträger sind zwei Fälle zu unterscheiden, indem die Abgabe der Wärme entweder unmittelbar durch freies Ausströmen des Dampfes oder mittelbar dadurch erfolgen kann, dass der Dampf Hohlkörper durchströmt, durch

deren Wände die Uebertragung der Wärme auf die zu erwärmenden Stoffe stattfindet. Da mit der letzten Art der Benutzung nur ein Teil der Wärme abgegeben wird, weil ja selbstverständlich der abziehende Dampf mindestens dieselbe Temperatur haben muss, bis zu welcher die Erwärmung sich erheben soll, so ist die erste Art stets vorzuziehen, wo es die Umstände zulassen, indem hierbei die sämtliche Wärme benutzt wird.

Wenn zum Zwecke der Erwärmung der Dampf frei in einen Raum strömt oder auf die zu erwärmenden Gegenstände geleitet wird, so giebt derselbe seine Wärme unter Kondensation, also unter Bildung von kondensirtem Wasser, ab. Die Umstände, von welchen diese Verwendungsform abhängt, müssen deshalb derart sein, dass sie die Entstehung dieses Wassers gestatten. Handelt es sich z. B. darum, aus Farbhölzern die färbende Substanz durch Auslaugen mittels heissen Wassers zu gewinnen, oder trockene Stoffe, Holz, Gewebe u. dergl. mit heissem Wasser zu durchtränken oder anzufeuchten, so kann man in der Regel vorteilhaft in der Weise verfahren, dass man den Dampf frei in die Gefässe einströmen lässt, in welchen sich die zu behandelnden Stoffe befinden. Der Dampf liefert dann nicht nur die Wärme, sondern auch infolge der Kondensation einen Teil oder die ganze Menge des Wassers, welche zur Durchführung des Prozesses notwendig ist. — Auf dieser Verwendungsform beruhen u. a. alle mit dem Namen Dämpfen bezeichneten Behandlungen. — Sehr oft kann bei einer solchen Verwendung des Dampfes das Ziel schneller und vollständiger erreicht werden, wenn das kondensirte Wasser stetig oder von Zeit zu Zeit abläuft und frischem Dampf Platz macht, indem es entweder in dem Raum zirkulirt oder aus demselben abfliesst. Diese Erwägung hat zu Einrichtungen Veranlassung gegeben, welche eine mehr oder weniger kräftige Durchströmung des zu behandelnden Materials mit Wasser und Dampf herbeiführen.

Verbieten die Umstände ein freies Einströmen des Dampfes, so muss die Erwärmung mittelbar, d. h. in der Weise geschehen, dass der Dampf Gefässe oder Röhren durchfliesst, deren Wände die Wärme durchlassen und an die Umgebung abgeben. Solche verbietende Umstände sind u. a. vorhanden, wenn die zu erwärmenden Stoffe nicht mit Wasser in Berührung kommen sollen, wenn das kondensirte Wasser eine unerwünschte Veränderung zur Folge hat (z. B. beim Kochen von Stoffen mit Lösungen, Laugen etc., wobei durch das Wasser eine unzulässige Verdünnung entsteht), oder wenn die Aufgabe vorliegt, eine Entfernung von Wasser hervorzurufen (z. B. beim Abdampfen, Trocknen etc.).

Für die Auswahl des Materials, aus welchen die Dampfröhren und Dampfgefässe hergestellt werden, gelten naturgemäss dieselben Grundsätze und Regeln, welche S. 82, 283 etc. für ähnliche Zwecke zusammengestellt sind. Nur sei hervorgehoben, dass für die in Rede stehenden Einrichtungen mit Recht sehr oft Kupfer vorgezogen wird, namentlich deshalb, weil dieses Metall einen hohen Wärmedurchgangskoëffizienten (S. 276) und genügende Festigkeit besitzt, um dünne Wände zuzulassen. — Neuerdings gelangen auch Eisenröhren zur Verwendung, welche ein- oder beiderseitig mit Nickel oder Kupfer überzogen und dadurch gegen den Einfluss verschiedener Lösungen geschützt sind.

Sowohl bei dem frei ausströmenden als dem durch Röhren oder Gefässe ziehenden Dampf ist die Zuströmung und die Spannung desselben den

Gebrauchszwecken anzupassen und deshalb für Einrichtungen Sorge zu tragen, welche eine darauf hinzielende Regelung leicht und sicher gestatten. In den weitaus häufigsten Fällen genügt hierzu die Anbringung eines Dampfregulirventils (Fig. 158 S. 111, Fig. 345 S. 348) oder auch eines gewöhnlichen Hahnes (S. 116) in Verbindung mit einem Manometer (S. 155). — Ist jedoch ein Gewicht auf die Erhaltung einer gleichmässigen Temperatur zu legen, so ist die Einschaltung eines Druckreglers in der Form eines Druckreduzirventils (S. 160 u. s. f.) sehr anzurathen, namentlich in der Ausführung eines Kolbendruckreglers (Fig. 223 S. 164), da sich mit Hilfe desselben die Temperaturen mit sehr geringen Schwankungen gleichbleibend erhalten. — Ausserdem kann in vielen Anlagen die Anordnung von Dampfwasserableitern, nach den Erörterungen S. 146 nicht umgangen werden.

Beim Eintritte des heissen Dampfes in eine kalte Flüssigkeit entstehen zahlreiche Dampfblasen, welche unter dem Drucke der Flüssigkeitssäule und gleichzeitiger Kondensation des Dampfes mit einem mitunter sehr störenden Getöse und Erschüttern der Gefässe zusammenfallen. Diese Wirkung des freien Dampfeintrittes wird vermieden durch Anwendung eines einfachen Dampfstrahlapparates, der einerseits mit der Dampfleitung, andererseits im Innern des Gefässes befestigt und so konstruirt ist, dass der durchströmende Dampfstrahl das den Apparat umgebende Wasser etc. ansaugt, anwärmt und wie ein Speiseinjektor (S. 350) in die Flüssigkeit zurücktreibt. Insbesondere ist dieser Dampfstrahler zum Anwärmen von Wasser vorzüglich geeignet und ausserdem ein ausserordentlich wirksames Mittel zum Durchmischen der Flüssigkeit, indem er die letztere infolge des Einblasens in sehr lebhafte Bewegung setzt. — Zur Hervorbringung einer solchen Bewegung begnügt man sich übrigens vielfach damit, den Dampf aus zahlreichen kleinen Löchern austreten zu lassen, die sich in einem in dem betreffenden Gefässe liegenden Dampf-Rohre befinden.

Die mittelbare Erwärmung durch Dampf erfolgt entweder in der Weise, dass der letztere den zu erwärmenden Raum (Kessel, Pfannen, Kammern u. dergl.) umkreist oder mittels Heizkörper, welche in einem solchen Raum passend untergebracht sind.

Die erste dieser Anwendungsformen verlangt natürlich, dass der betreffende Raum zur Beherbergung des Dampfes in einem gewissen Abstande von einer Wand umgeben ist, welche mitunter von Mauerwerk, in der Regel dahingegen von Eisen hergestellt wird (Dampfmantel) und eine Vorrichtung zum Zu- und Abströmen des Dampfes, sowie zum Ablassen des ausgeschiedenen Wassers (Wasserableiter S. 146) aufnimmt. — Mitunter erstreckt sich der Dampfmantel nur über den unteren Teil des Raumes, wodurch u. a. die Kessel mit Doppelböden entstehen.

Die zweite Anwendungsform liegt den Heizkörpern zu Grunde, welche in ihrer einfachsten Gestalt glatte Röhren (Dampfröhren), in ihrer entwickelten Gestalt Hohlkörper bilden, welche auf der Wärme abgebenden Oberfläche glatt oder mit Rippen und dadurch mit vermehrter Heizfläche versehen sind (Rippenheizkörper S. 81).

Zur zweckmässigen Ausnutzung des Dampfes, d. h. zur Unterbringung einer genügend grossen Oberfläche, giebt man den glatten Dampfröhren, unter Anpassung an die Grundform der in Rede stehenden Räume, in der Regel dadurch eine bedeutende Länge, dass man sie zickzackartig oder

nach Spiralen, oder nach Schraubenlinien oder nach Schneckenlinien u. s. w. so stark krümmt, dass die Rohrwände nahe an einander zu liegen kommen.

Derart gebogene Röhren führen allgemein den Namen Schlangenröhren oder Dampfschlangen und sind in ihren Hauptformen durch Fig. 390 vergegenwärtigt. Die Enden derselben a und e sind mit Flanschen versehen, welche sich gegen die innere Gefässwand legen und mit Schraubengewinden zur Aufnahme der Stutzen, die sie mit der Dampfleitung verbinden. — Die Verwendung dieser Schlangenröhren zum Erwärmen von Flüssigkeiten findet übrigens in zweierlei Weise statt. Entweder werden sie von Dampf durchströmt und erwärmen die Umgebung oder sie sind von Dampf oder auch heisser Flüssigkeit umgeben und erwärmen die die Röhren durchlaufende Flüssigkeit.

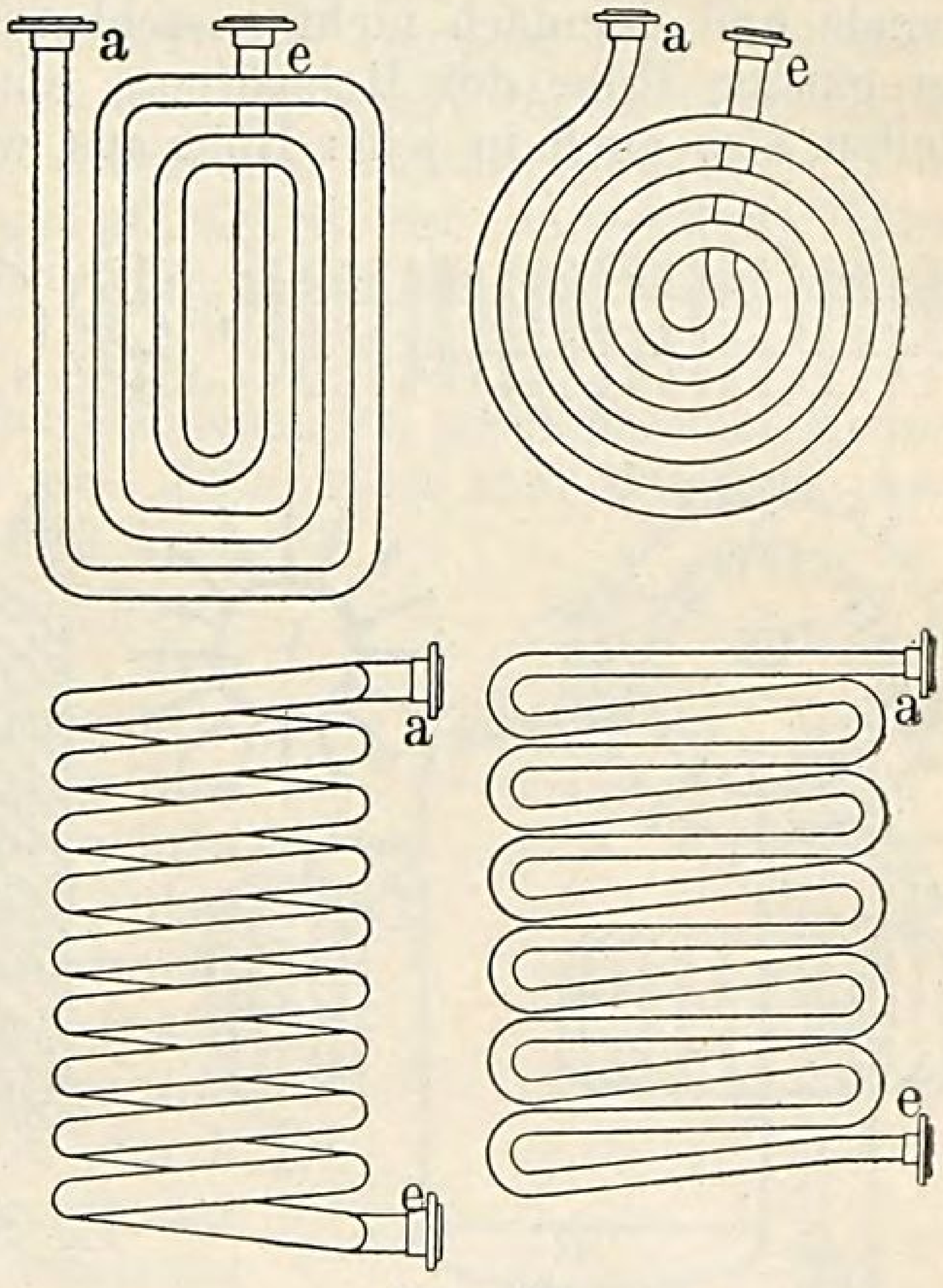


Fig. 390.

An die glatten Röhren reihen sich die in zahlreichen Betrieben unentbehrlichen mit Dampf geheizten Cylinder und Platten mit glatten Oberflächen an. Die Cylinder finden als Heiz- oder Trockentrommeln besonders in der Textil- und Papier-Industrie zum Trocknen der langen Zeug- und Papierbahnen oder zum Erwärmen für gewisse Appreturprozesse, die Platten als Heizplatten in der Gewebeappretur, z. B. beim Heisspressen, zum Warmhalten des Pressgutes bei der Oelgewinnung, als Zellen-Vorwärmer (S. 292) u. s. w. Verwendung.

Die Rippenheizkörper bilden runde, viereckige oder ringförmige Heizkörper (Fig. 391) aus Gusseisen, deren Oberfläche mit vorspringenden dünnen Rippen versehen sind, zwischen denen sich die Luft wie in Kanälen erwärmt. Die Rippen laufen entweder als Kreis- oder Ellipsenplatten rechtwinklig zur Achse der Heizkörper (Fig. 391 I, II, III) herum, oder sie liegen parallel der Achse (Fig. 391 IV, V, VI) oder sie steigen schräg auf (Fig. 391 VII). Je nach der Lage der Heizkörper verlaufen die Rippen also auch die Kanäle demnach horizontal, vertikal oder schräg (Diagonalrippen). Da nun jede Flüssigkeit infolge der Erwärmung vertikal aufwärts strebt, so folgt daraus, dass der Umlauf der Flüssigkeit bei der horizontalen Anordnung am wenigsten, bei der senkrechten am meisten begünstigt wird.

Berücksichtigt man jedoch, dass bei der letzteren die aufsteigende Flüssigkeit, z. B. Luft an dem unteren Teile so viel Wärme aufzunehmen vermag, als der Aufnahmefähigkeit entspricht, so ist es erklärlich, dass nur eine begrenzte Höhe ausgiebig verwertet werden kann und sehr hohe Heizkörper dieser Art ungünstige Ergebnisse in der Wärmeabgabe liefern. Aus diesen Erwägungen sind die Heizkörper mit schrägen Rippen (Körting)

hervorgegangen, an welchen die Flüssigkeit nicht nöthig hat, auf der ganzen Höhe des Heizkörpers in den Kanälen entlang zu streichen, sondern nur gezwungen wird, sich auf der kurzen Strecke der Länge einer Diagonalrippe in dem wärmeabgebenden Kanal zu bewegen. Zugleich tritt begreiflicherweise die zu erwärmende Flüssigkeit an der tiefsten Stelle jedes einzelnen Kanals und demnach nicht ausschliesslich an der Bodenfläche, sondern auf der ganzen Höhe des Heizkörpers ein und desgleichen aus den höchsten Stellen, also auch in jeder Höhe aus, wodurch sich nebst einer regelmässigen

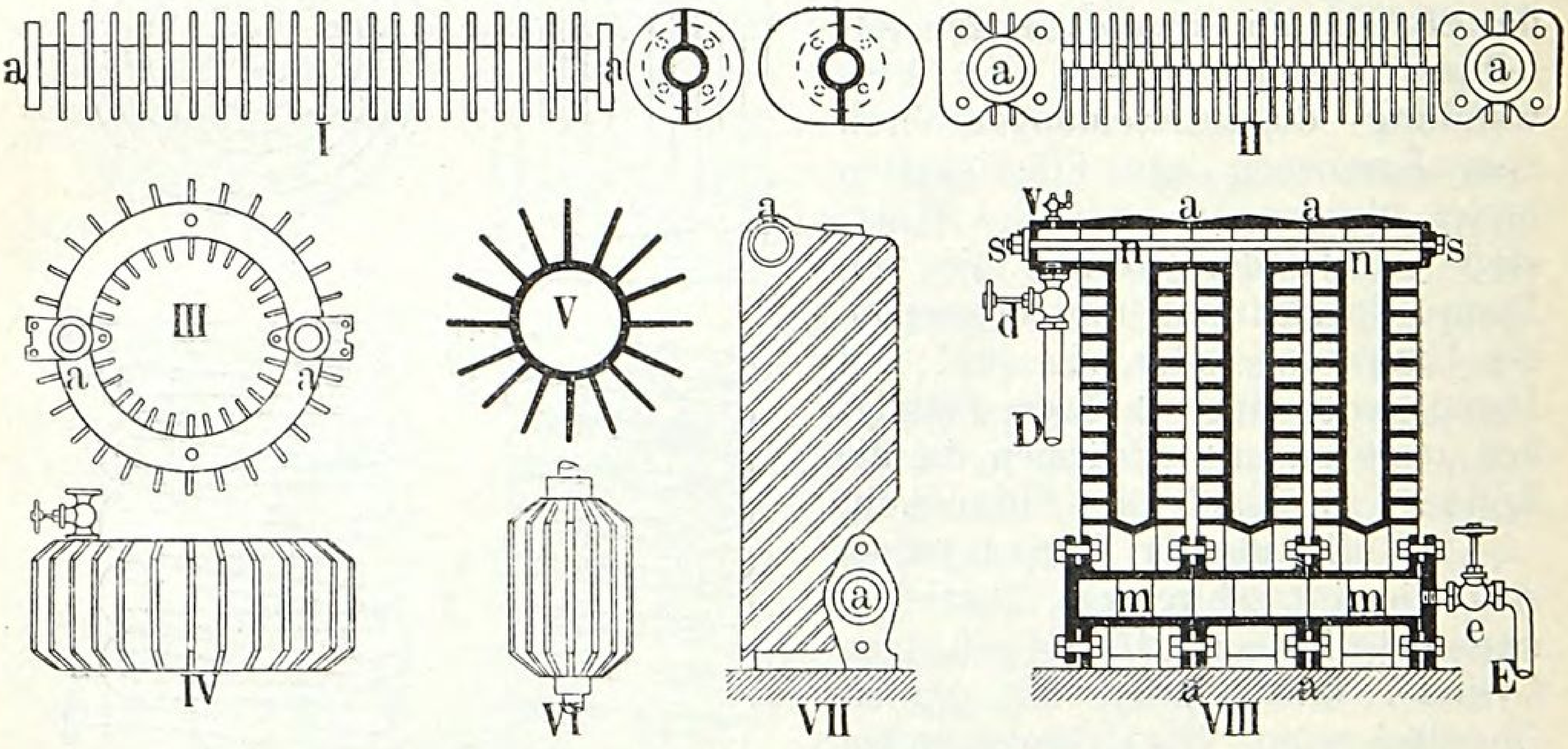


Fig. 391.

und gleichmässigen Erwärmung und Aufwärtsbewegung der Flüssigkeit auch eine vollständige Ausnutzung hoher Heizkörper ergiebt. — Die Rippenheizkörper dienen in erster Linie zum Erwärmen von Luft in Wohn-, Arbeits-, Trocken- u. s. w. Räumen und gewähren hier den besonderen Vorteil einer grossen Erwärmungsfläche auf einem kleinen Raum; in einzelnen Fällen verwendet man sie auch zum Erwärmen von Wasser. Sie ermöglichen eine vorzügliche Regelung der Temperatur, wenn man sie in gehöriger Weise ausrüstet, d. h. mit einem Dampfzulassventil d und einem Dampfwasserableiter e versieht, wovon das letztere an der tiefsten Stelle des Heizkörpers angebracht wird.

Um die Rippenheizkörper bezüglich ihrer Heizfläche allen Verhältnissen anpassen zu können, stellt man sie in einzelnen kleineren Teilen (Elementen) her, die derart angeordnet sind, dass sie sowohl für sich einen kleinen Heizkörper bilden, als auch zu beliebig grossen sog. Batterien vermittelst ihrer Flanschen a zu verbinden sind. Eine solche Batterie für Luftheizung aus 3 Elementen zeigt im Durchschnitte Fig. 391 VIII. Man erkennt, dass die Elemente unten und oben mit Flanschen a, a, a, a zusammenpassen, oben durch die Stange s s mit Schraubenmutter, unten mittels Flanschenschrauben zusammengehalten werden und zwar in einem Abstande von einander, dass die Luft frei zwischen denselben sich bewegen kann. Der durch das Rohr D zugeführte Dampf tritt durch das Zulassventil d in den von den oberen Flanschen gebildeten Kanal n n, durchzieht die Elemente abwärts, dann den Kanal m m und verlässt die Batterie durch das Rohr E

mit Ventil e. Ein Lüftungsventil befindet sich bei v. Die Abdichtung erfolgt gewöhnlich mit Asbestplatten.

Der Natur der Sache nach finden die Dampfwärmeanlagen in hervorragender Weise Verwendung zum Erwärmen von Stoffen, die in offenen oder geschlossenen Gefässen (Pfannen, Kesseln u. dergl.) durch Dampf leicht zu erzielenden, also verhältnissmässig niedrigen Temperaturen ausgesetzt werden sollen, also zu Zwecken, welche mit den S. 417 zusammengestellten übereinstimmen (Kochen, Abdampfen, Ausziehen, Auflösen u. dergl.) Trotz der hierdurch bedingten grossen Mannigfaltigkeit der Anwendung haben sich indessen Grundformen ausgebildet, von denen die folgenden als die wesentlichsten gelten können.

Fig. 392 zeigt die Anordnung eines feststehenden geschlossenen Kessels (Körting) mit freiem Dampfeintritt und Zirkulation zum Bäuchen, Auslaugen, Ausziehen von Farbhölzern und ähnlichen Aufgaben, die auf der Behandlung fester Stoffe mit heissem Wasser etc. beruhen. Der Kessel A, welcher mittels starker Pratzen a von Schienen oder Säulen getragen, in der Regel so aufgestellt wird, dass der bequemen Bedienung wegen nur der obere Teil über einen Fussboden hinausragt, trägt einen durchlöcherten Boden B zur Aufnahme der festen Stoffe und bei C einen Mannlochverschluss zum Einfüllen derselben. Der Dampf tritt durch das Rohr D ein, welches einerseits durch das Rohr r mit dem unteren und andererseits durch das Rohr F mit dem oberen Kesselraum in Verbindung steht und mittels des Ventils d mit Handgriff h abgesperrt werden kann. Zum Ablassen der Lauge etc. dient das mit dem Ventil e absperrbare Ablassrohr S, zum Entleeren des Kessels eine über dem Boden B angebrachte, dicht verschliessbare Klappe oder Thür. Als Ausrüstung ist ferner vorhanden ein Sicherheitsventil v, ein Manometer m und ein Flüssigkeitszeiger w, sowie ein Dampfstrahler E. Ist der Kessel mit Material und Lauge etc. beschickt und das Dampfventil d geöffnet, so strömt der Dampf durch den Strahler E, reisst die unter dem Kesselboden befindliche Lauge durch das Rohr r mit, erwärmt dieselbe und treibt sie durch das Rohr F in den oberen Kesselraum, so dass nebst der Erwärmung ein lebhafter Umlauf entsteht. Erforderlich für den Betrieb ist nur, dass der Druck im Dampferzeuger etwa 1 *Atm.* höher ist, als der am Manometer m abzulesende Druck im Kessel A. Eine passende Verbindung des Rohres r mit dem Laugenbehälter unter gleichzeitigem Abschluss von dem Kessel gestattet auch die Benutzung des Dampfstrahlers E zum Einfüllen der Lauge, wie bei der Dampfkesselspeisung S. 350.

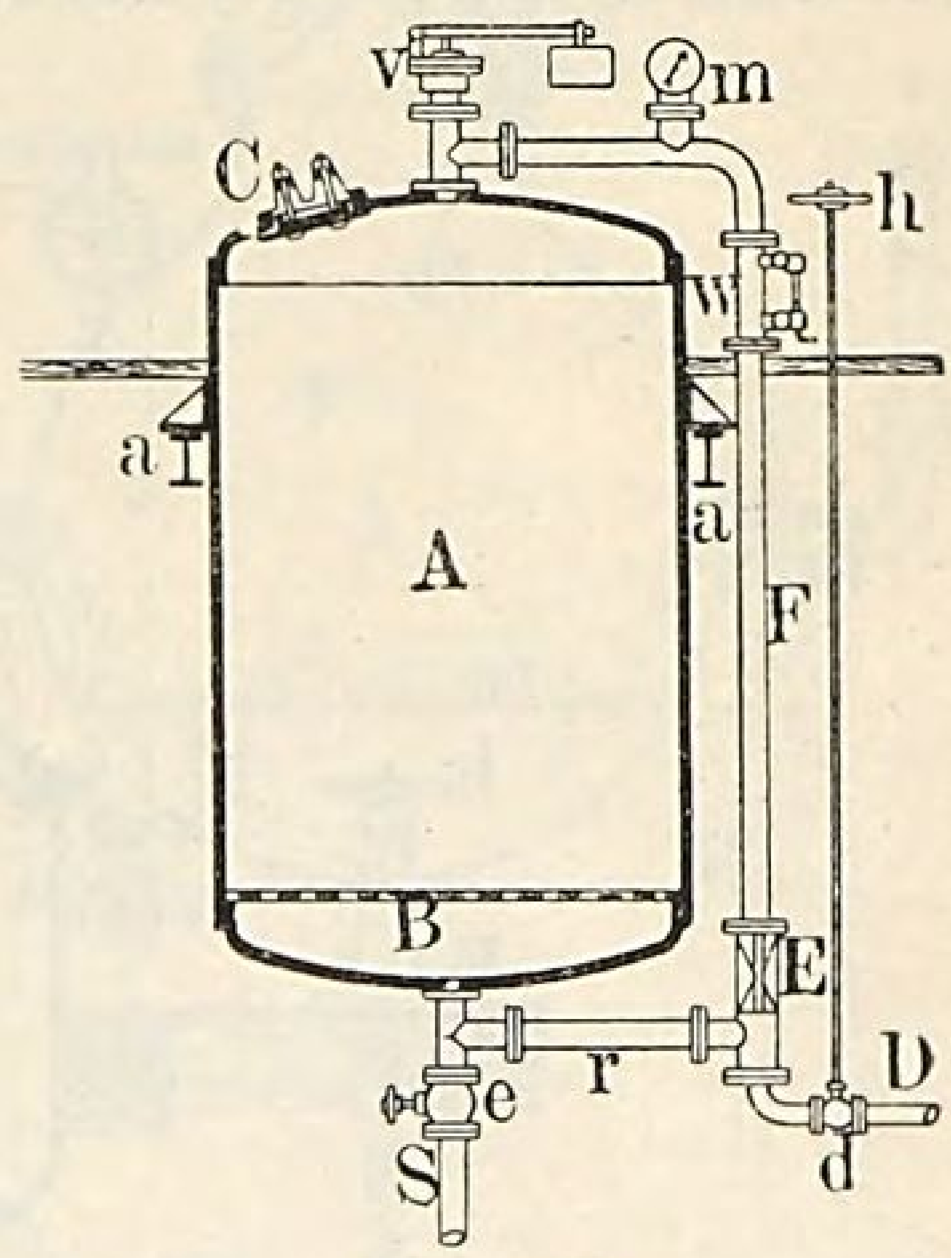


Fig. 392.

Ein anderer Kessel für denselben Zweck ist in Fig. 393 dargestellt. Derselbe besteht aus dem gusseisernen Cylinder A von etwa 2 *m* Durchmesser und 1,5 *m* Höhe, der mit dem gusseisernen Deckel B verschlossen ist, mittels Pratzen g auf Balken des Fussbodens F F aufruht und bei m

mit einer Scharnierklappe zum Entleeren versehen ist. Unter dem Kessel ist ein Tstück u angebracht, das einerseits die Verbindung des Kessels mit dem Dampfrohr D, andererseits mit dem Ablaufrohr L herstellt, welche beide Röhren vermittelst der Hähne n, n und der Handräder h, h nach Bedürfniss abgesperrt werden. Im Innern des Kessels erhebt sich ein als Sieb dienender Schirm s s mit einem Rohr b, sowie als Fortsetzung des Tstückes u das Rohr a innerhalb des Rohres b. Der Deckel B ist doppelwandig d. h. mit einer zweiten durchlöcherten Wand E, sowie einem Rohrstutzen versehen, der sich beim Niederlassen des Deckels auf das Rohr a legt. Ist nun der Kessel mit dem Material und der Lauge gefüllt und wird, nachdem das Rohr L abgesperrt ist, Dampf zugelassen, so bewirkt derselbe zunächst eine Erwärmung der Lauge unter dem Schirm s s bis zum Kochen, gelangt durch das Rohr a unter den Deckel und treibt dann, durch einen Druck auf die Flüssigkeit, diese zwischen den Röhren a und b ebenfalls in den Deckel und durch deren Löcher wieder in den Cylinder. Solange

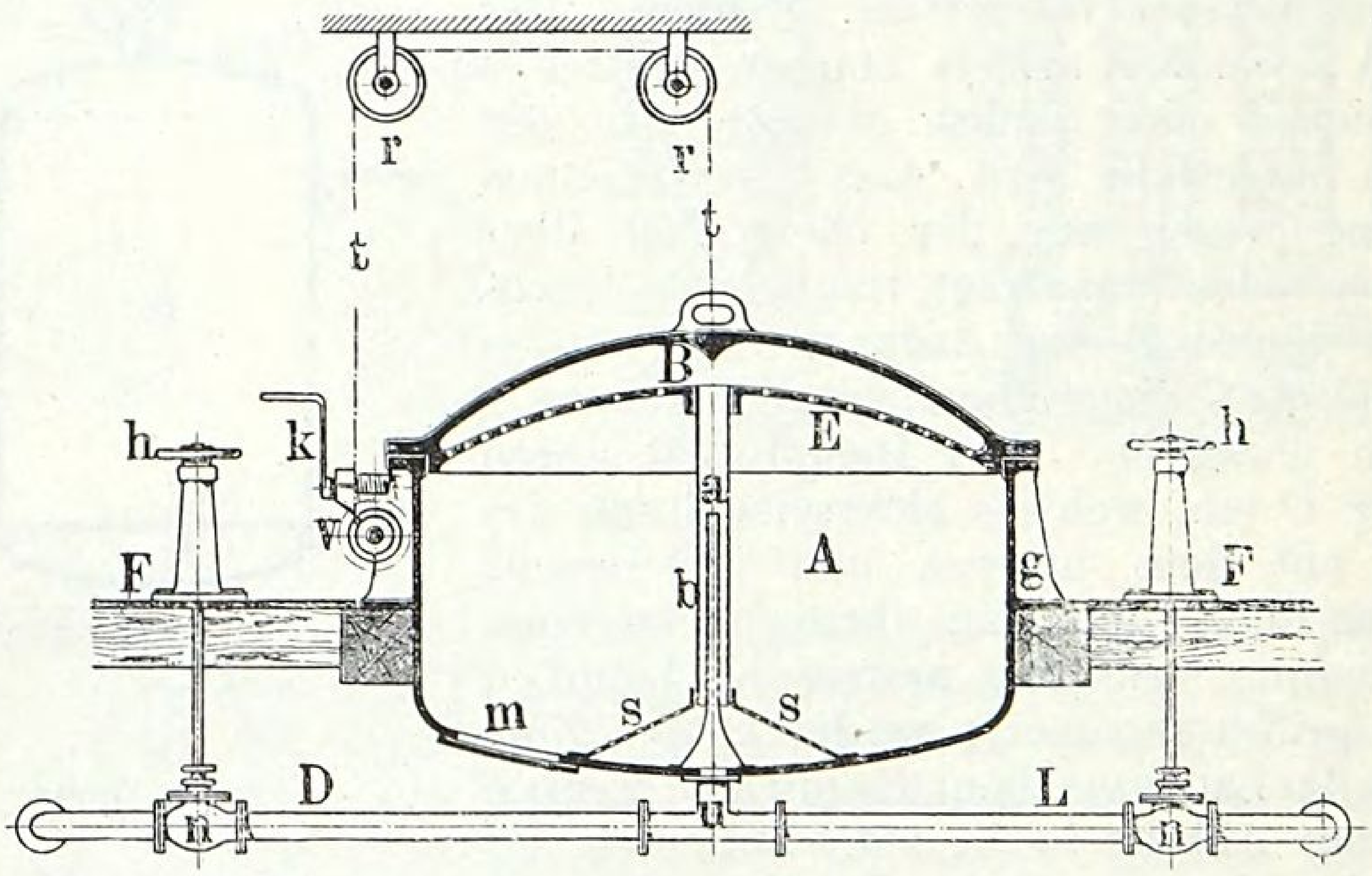


Fig. 393.

keine vollständige Temperatur- und Druckausgleichung eingetreten ist, findet demnach ein kräftiger Umlauf im Innern des Kessels statt. Nach Beendigung des Auslauge- oder Kochprozesses wird der Dampf abgesperrt und das Laugerohr L geöffnet, worauf der noch im Kessel herrschende Druck die Flüssigkeit durch das Sieb s s und das Rohr L zum Ablaufen bringt. — Um bei dem in diesem Kessel vorhandenen Drucke von etwa $^1/_4$ *Atm.* Ueberdruck eine besondere Befestigung des Deckels entweder ganz umgehen oder doch nur durch einige Schraubenklammern bewerkstelligen zu können, erhält der Deckel ein entsprechend grosses Gewicht. Zum Heben desselben zum Zwecke der Beschickung des Kessels dient das Schraubenradvorgelege v (S. 63) mit Kurbel k, Kettenrad und Kette t t, welche über zwei Deckenrollen r, r zum Deckel B geführt wird.

Zum Ausziehen von Farbhölzern und ähnlichen Arbeiten mit direktem Dampf steht die in Fig. 394 gezeichnete Kesselanordnung vielfach in Gebrauch. Der aus Kupferblech hergestellte birnförmige Kessel A ist mit

zwei Hohlzapfen C und D drehbar auf den Böcken B, B gelagert und kann demnach zum Zwecke des Entleerens gekippt werden. Der obere Teil desselben lässt sich durch eine Haube dampfdicht verschliessen, indem diese durch die in dem Bügel b b angebrachte Schraube fest auf den Kesselrand gepresst wird. Dabei ist der Bügel um 2 Bolzen derart drehbar, dass man ihn behufs Abnahme der Haube zur Seite legen kann. In dem Kessel befindet sich ein durchlöcherter Boden s s zum Tragen des Kesselinhaltes und über diesem ein hohler Ring r mit zahlreichen nach oben gerichteten Löchern zum Ausströmen des Dampfes, der diesem Ringe durch das, in dem Hohlzapfen D mittels Stopfbüchse abgedichtete Dampfrohr a zugeführt wird. In den Hohlzapfen C münden zwei Röhren e und f gemeinschaftlich ein, ebenfalls durch eine Stopfbüchse abgedichtet. Das Rohr e steht mit einer Wasserleitung oder einem Wasserbehälter, das Rohr f mit Bottichen in Verbindung, die den flüssigen Inhalt des Kessels aufnehmen sollen. Beide Röhren sind durch Hähne absperrbar und finden ihre Fortsetzung in dem Rohre i i, welches bis zur tiefsten Stelle des Kessels hinabreicht. Die Verbindung e i dient zum Einfüllen von Wasser, die Verbindung f i zur Förderung der Farbenbrühe in die Bottiche mittels des im Kessel herrschenden Druckes nach Vollendung des Auszieheprozesses. Das kurze Rohr p wird ebenfalls zum Ablassen benutzt, namentlich während der Reinigung des Kessels. — Zum Erkennen des Flüssigkeitsstandes sind bei o und q zwei Probirhähne eingesetzt, wovon der Hahn o zugleich zum Aus- und Eintritt der Luft beim Füllen und Entleeren zu verwenden ist.

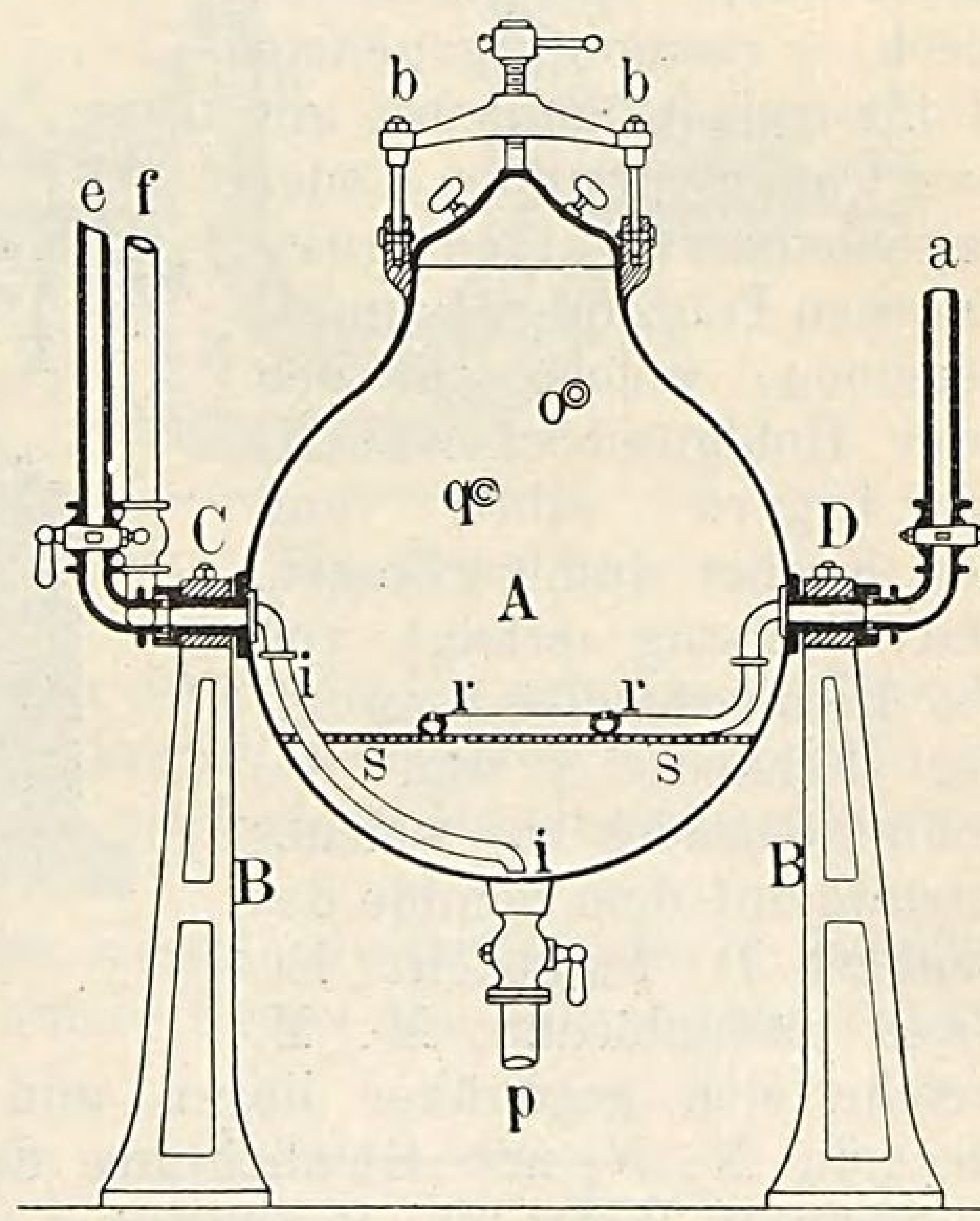


Fig. 394.

Für Kocher, welche ihrer Bestimmung nach mit der eben erklärten Einrichtung und Ausstattung, aber aus Betriebsgründen mit bedeutend grösserem Rauminhalt versehen werden müssen, wählt man statt der Birnform die stehende Cylinderform mit gewölbten Stirnflächen (Cylinderkocher). Dieselben erhalten dann mitunter solche Längen (5 bis 10 *m*), dass es schwierig wird, infolge der Druckunterschiede zwischen den unteren und oberen Schichten die Durchwärmung oder Kochung mit genügender Gleichmässigkeit zu bewirken.

Aus diesem Grunde gelangen dann häufig, mit Aufgebung des Vorteils eines geringen Raumbedarfs, statt der stehenden cylindrischen Gefässe zum Auslaugen, Kochen u. dergl. im Grossen vielfach liegende zur Verwendung, namentlich in denjenigen Fällen, in welchen während des in den Kesseln sich vollziehenden Prozesses eine Durchbewegung des Inhaltes beabsichtigt wird, weil diese sich in horizontalen Kesseln leichter und vollkommener durchführen lässt und zwar entweder mittels eines Rührwerkes

mit horizontaler Achse oder durch Drehung des Kessels um seine eigene Längsachse (Drehkessel), wie S. 431 erklärt. Aus diesem Cylinder-Drehkessel ist wieder der Kugeldrehkessel entstanden, der namentlich bei Bedarf hoher Pressungen (10 bis 14 *Atm.*) wegen der grossen Widerstandsfähigkeit, dann wegen der leichten Entleerung, besonders aber deshalb vorzuziehen ist, weil bei der Drehung desselben der feste Inhalt sich nicht allein wendet, sondern auch mischt.

Die Fig. 395 stellt einen Kugeldrehkessel (Voigt) halb im Schnitte, halb in der Ansicht dar, welcher in der Papierfabrikation zum Kochen der Hadern dient, aber zugleich als Muster dieser Kesselart gelten kann. Die aus Eisenblech zusammengenietete Hohlkugel ist zunächst mit zwei angeschraubten oder angenieteten starken gusseisernen Tragzapfen C und D versehen, welche auf den zwei Hohlgussböcken G G in Lagern ruhen und den Kocher drehbar tragen. Die Drehung erfolgt von der Riemenscheibe t mittels der Schnecke s und des Schneckenrades r, welches letztere auf dem Schilde des Zapfens D festgekeilt ist. Zwei Mannlöcher M, M, welche sich gegenüber liegen und mittels Umschlagschrauben i n und Deckeln N, N mit Bleidichtung den Verschluss erhalten, gestatten in bequemster Weise die Beschickung und Entleerung. Im Innern der Hohlkugel sind die aus Winkeleisen gebogenen Schienen J J aufgenietet, welche bei der Drehung das Material bis zu einer gewissen Höhe mit hinaufnehmen und dann fallen lassen, um eine fortwährende Lagenveränderung zu bewirken. Zum Einlassen des Dampfes dient der Zapfen C, der zu diesem Zwecke hohl ist und das gehörig abgedrehte, durch eine Stopfbüchse gedichtete und an dem Träger k befestigte, durch eine Längswand geteilte Rohr H H aufnimmt, und sich um dieses dreht. Ein Dampfabsperrventil mit Spindel d regelt den Zutritt des Dampfes. Nach Oeffnung dieses Ventils strömt der Dampf durch das Rohr c c so ein, dass er die Richtung nach unten nimmt, um dann durch das aus gelochtem Bleche bestehende Sieb L L nach innen zu gelangen. Zum Auslassen der Luft bei Beginn und zum Einlassen derselben nach Schluss der Operation dient ein bei B angebrachter Lufthahn, der durch den oberen Teil des Rohres H H und das Rohr e mit dem oberen Raum des Kessels in Verbindung steht, und neben dem zugleich das Sicherheitsventil und ein Manometer auf demselben Stutzen sitzt. Durch den Zapfen D mündet ein ähnliches Rohr ein, das durch den Stutzen E mit dem höher liegenden Wasser- oder Laugenbehälter in Verbindung steht und an dem Stutzen F ein Rohr aufnimmt, welches die Lauge, den Dampf u. s. w. auslässt, und zu dem Zwecke im

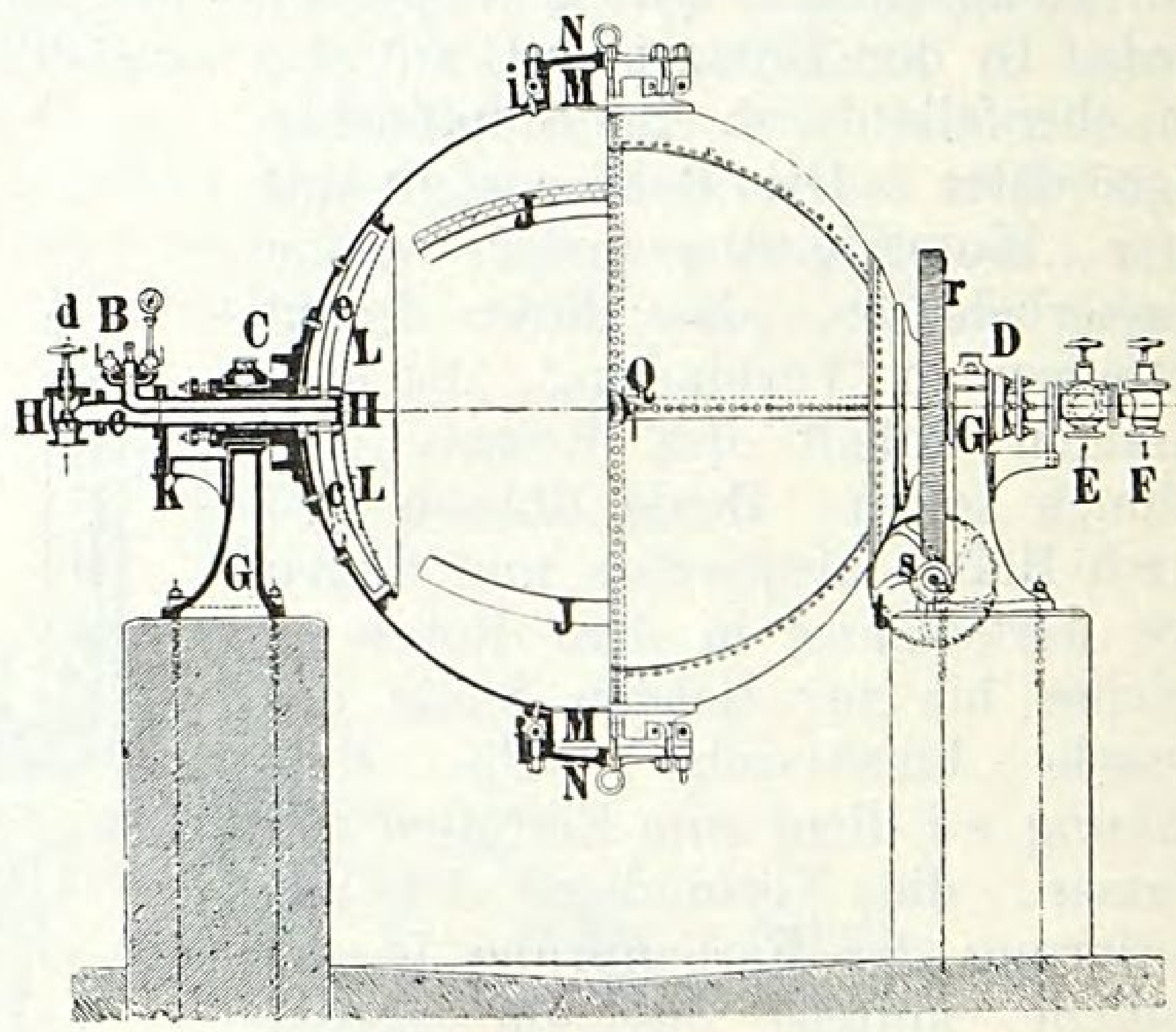


Fig. 395.

Innern des Kessels sich an ein Rohr anschliesst, das wie das gegenüber liegende Rohr c c in einem ebenfalls durch ein Sieb abgetrennten Raum nach abwärts gerichtet ist. Der Rest der Flüssigkeit endlich findet seinen Ausweg durch den Hahn Q, wenn derselbe infolge der Kesseldrehung unten steht.

Ein offener Kessel mit Dampfmantel, zum Kochen von Farbe passend für kleine Betriebe, sowie für Probekochungen, bei welchen eine möglichst gleichbleibende Temperatur wünschenswert ist, besteht (Fig. 396) aus einem Porzellantiegel p, der in einen mit Glycerin gefüllten gusseisernen Kessel a a hängt, welcher durch Dampf erwärmt wird. Der letztere strömt bei y ein, durchzieht den Hohlraum g des Gusseisenkessels und gelangt durch das Rohr x wieder hinaus. Des bequemen Entleerens wegen wird der Kessel mit den Zapfen c und d versehen, um welche sich derselbe mittels des Handgriffes h drehen lässt. Stopfbüchsen an den Enden dieser Zapfen nehmen die Dampfröhren y und x auf. Die Dichtung des Porzellaneinsatzes mit dem Gusseisenkessel erfolgt durch zwei Kautschuk- und einen Messingring m mittels Schrauben.

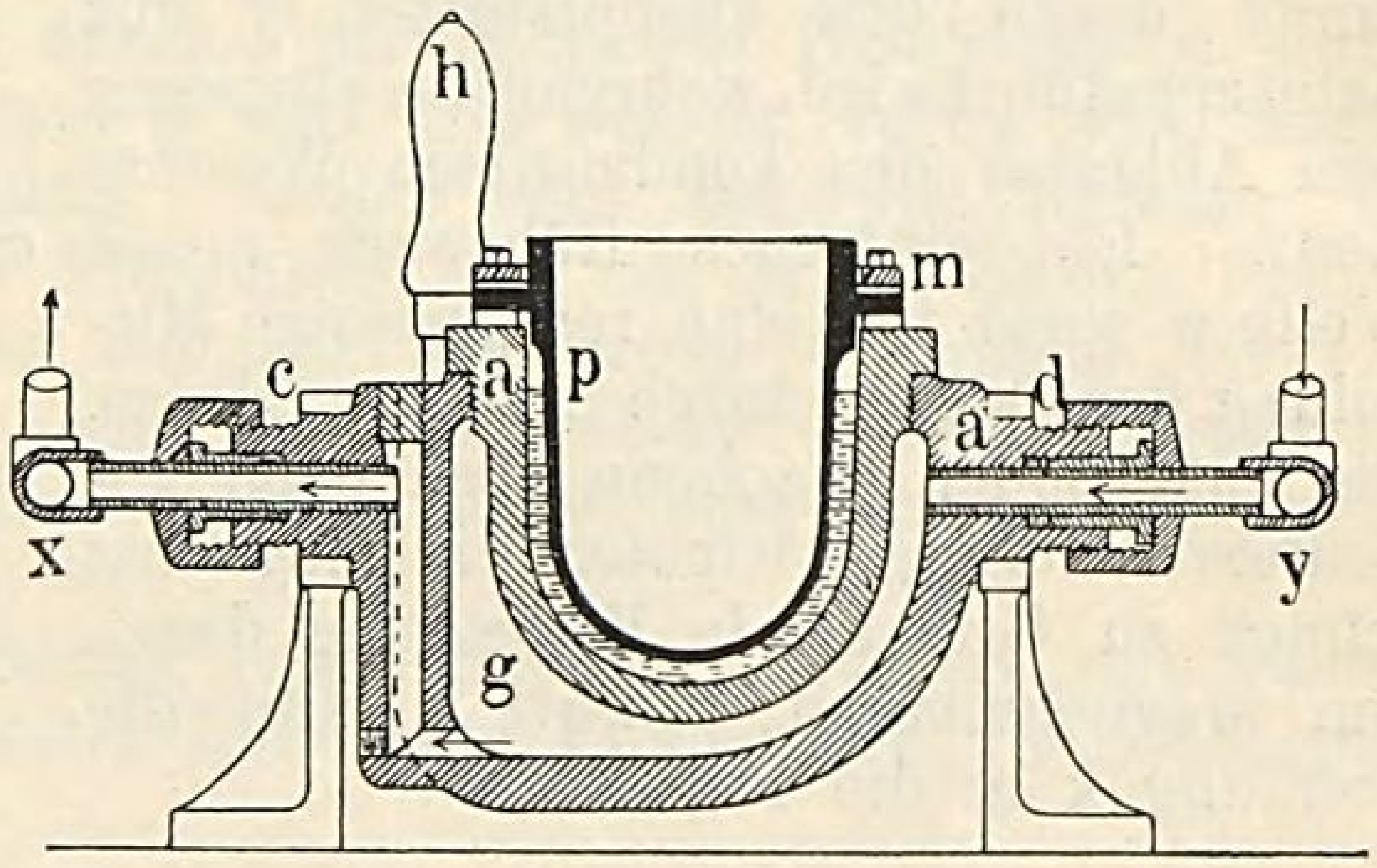


Fig. 396.

Für grosse Betriebe erhalten solche Kessel gewöhnlich die in Fig. 397 vor Augen geführte Anordnung. Der innere Kessel A ist aus einem Stücke Kupferblech hergestellt und mittels eines Winkelringes m m dampfdicht an dem Flansch des Gusseisenkessels a a angeschraubt. An dem letzteren befinden sich zwei Hohlzapfen c und d, wovon je nach der Lage der Dampfleitung, der eine, hier z. B. d, mit einem Stopfbüchsenverschluss zur Aufnahme des Dampfrohres D, der andere mit einer Verschlussplatte p versehen ist. Der durch D zugeführte, mittels des Hahnes v zu regulirende Dampf gelangt in den Hohlraum e e zwischen den zwei Kesseln und erwärmt den Inhalt von A unter gleichzeitiger Bildung von Wasser, welches von Zeit zu Zeit durch den Hahn u oder zweckmässiger ununterbrochen durch einen einfachen Ableiter (S. 148) abgelassen wird. Um die Hohlzapfen c und d ist der ganze Kessel zum Zwecke der Entleerung drehbar, und zwar mit Hilfe der Handkurbel h, der Schnecke s und des auf dem verlängerten Zapfen d befestigten Schneckenrades r.

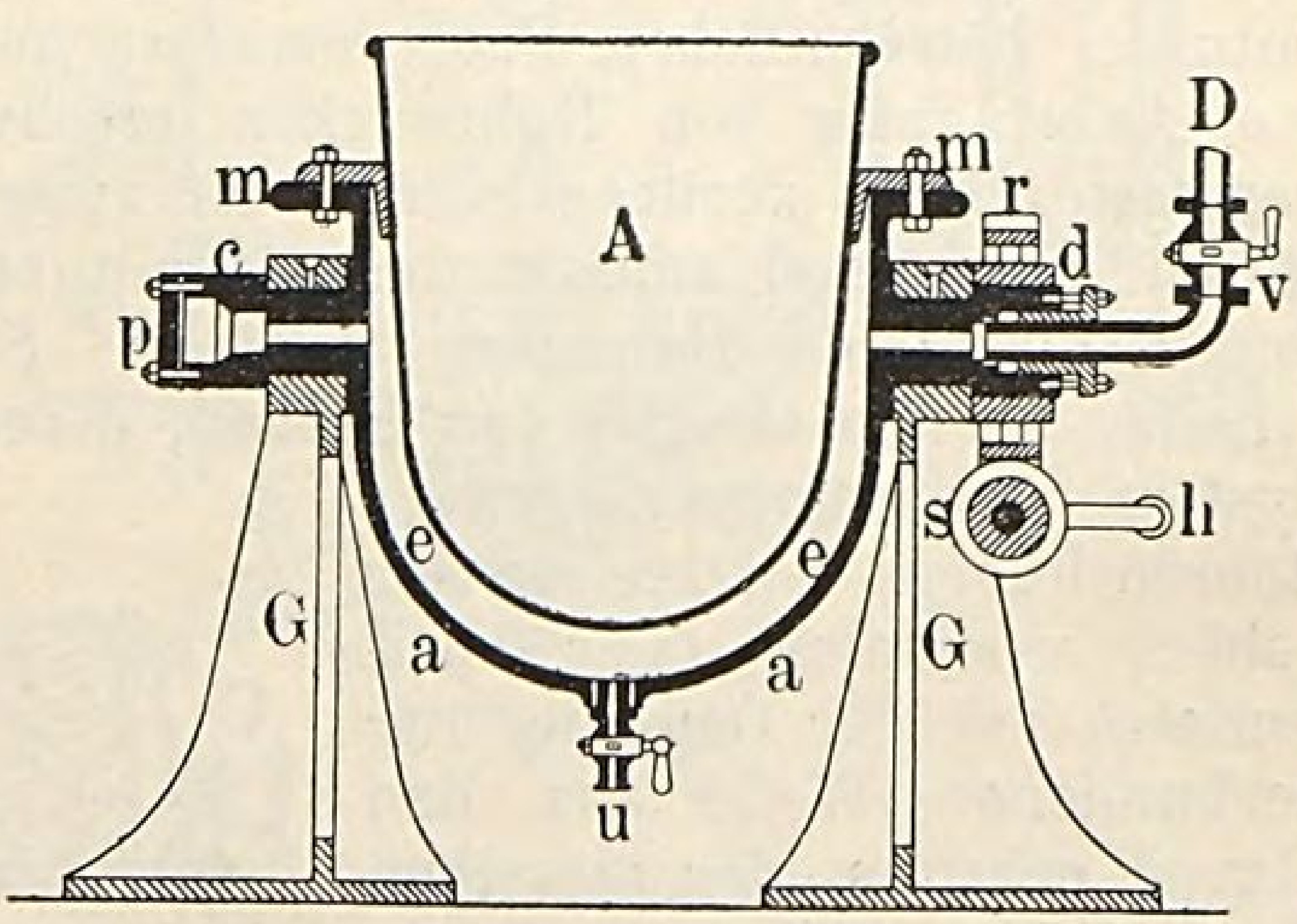


Fig. 397.

Vielfach liegt die Aufgabe vor, körnige Stoffe für ihre Weiterverarbeitung bis zu einem gewissen Grade zu erwärmen, z. B. bei der Oelgewinnung aus Oelsamen (Lein, Raps etc.), um durch eine infolge der Erwärmung eintretende, grössere Dünnflüssigkeit das Auspressen zu erleichtern. Für solche Vorarbeiten eignen sich besonders Kessel mit Dampfmantel und Rührwerk von der durch Fig. 398 wiedergegebenen Einrichtung. Der cylindrische Kessel A ist mit dem Dampfmantel d d umgeben, dem der Wasserdampf durch den Dampfstutzen y mit Hahn zugeführt wird, während der Stutzen x zum Ablassen des kondensirten Wassers dient. Ein einfaches Rührwerk r mit Welle w sorgt für eine regelmässige Mitteilung der Wärme durch die ganze Masse. Die dem Boden gegebene nach oben gerichtete Wölbung erleichtert die möglichst schnell zu bewirkende Entleerung durch den wegnehmbaren Einsatz e und die Oeffnung k in die Pressbeutel.

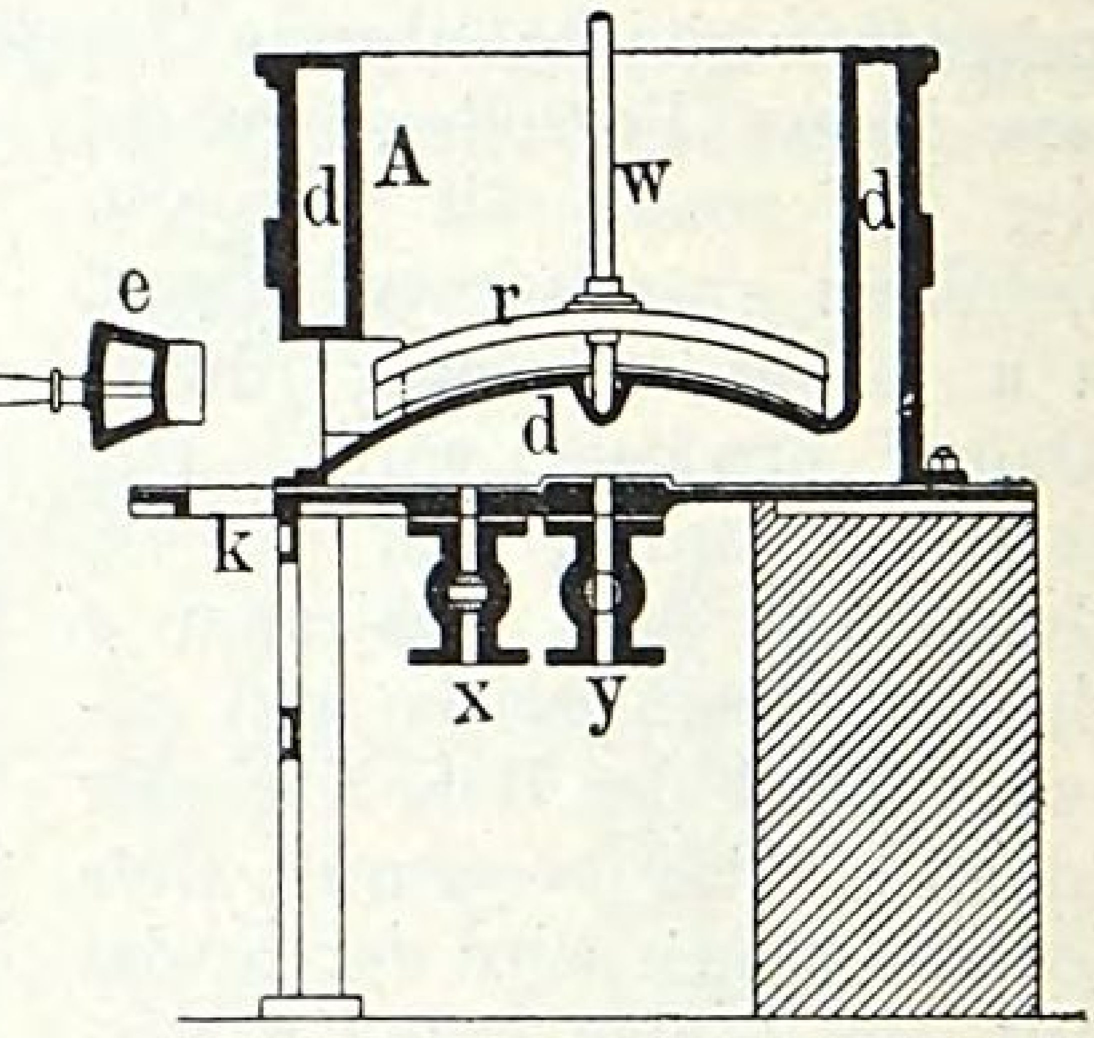


Fig. 398

Die Dampfschlangen (S. 443) besitzen den Dampfmänteln gegenüber den Vorteil, dass ihre ganze Oberfläche unmittelbar den zu erwärmenden Flüssigkeiten dargeboten werden kann, während bei den Dampfmänteln die erwärmte, gewöhnlich grössere Aussenoberfläche eine erheblich geringere Ausnutzung der Wärme verursacht. Soweit es sich also um eine bessere Wärmeausnutzung handelt, verdient entschieden die Anwendung von Dampfschlangen den Vorzug.

Die Nachteile der Dampfschlangen, dass sie in den Gefässen einen mitunter beträchtlichen Platz beanspruchen und die Reinigung sowohl als die Anbringung von Rührwerken erschweren, werden dadurch auf das geringste Maass zurückgeführt, dass man die Form ihrer Windungen der Gestalt der Kessel anpasst und sie mitunter selbst als Rührwerk konstruirt und in passende Bewegung setzt. — Solche Rührdampfschlangen erhalten oft die Gestalt von Rechen, deren Stäbe und Verbindungsteile ein System zusammenhängender Röhren bilden, welche von der hohlen vertikalen oder horizontalen mit der Dampfleitung verbundenen Welle aus den Dampf erhalten, der dieselben durchströmt und durch ein Abzugsrohr verlässt, welches sich ebenfalls in der Wellenstopfbüchse dem Röhrensystem anschliesst.

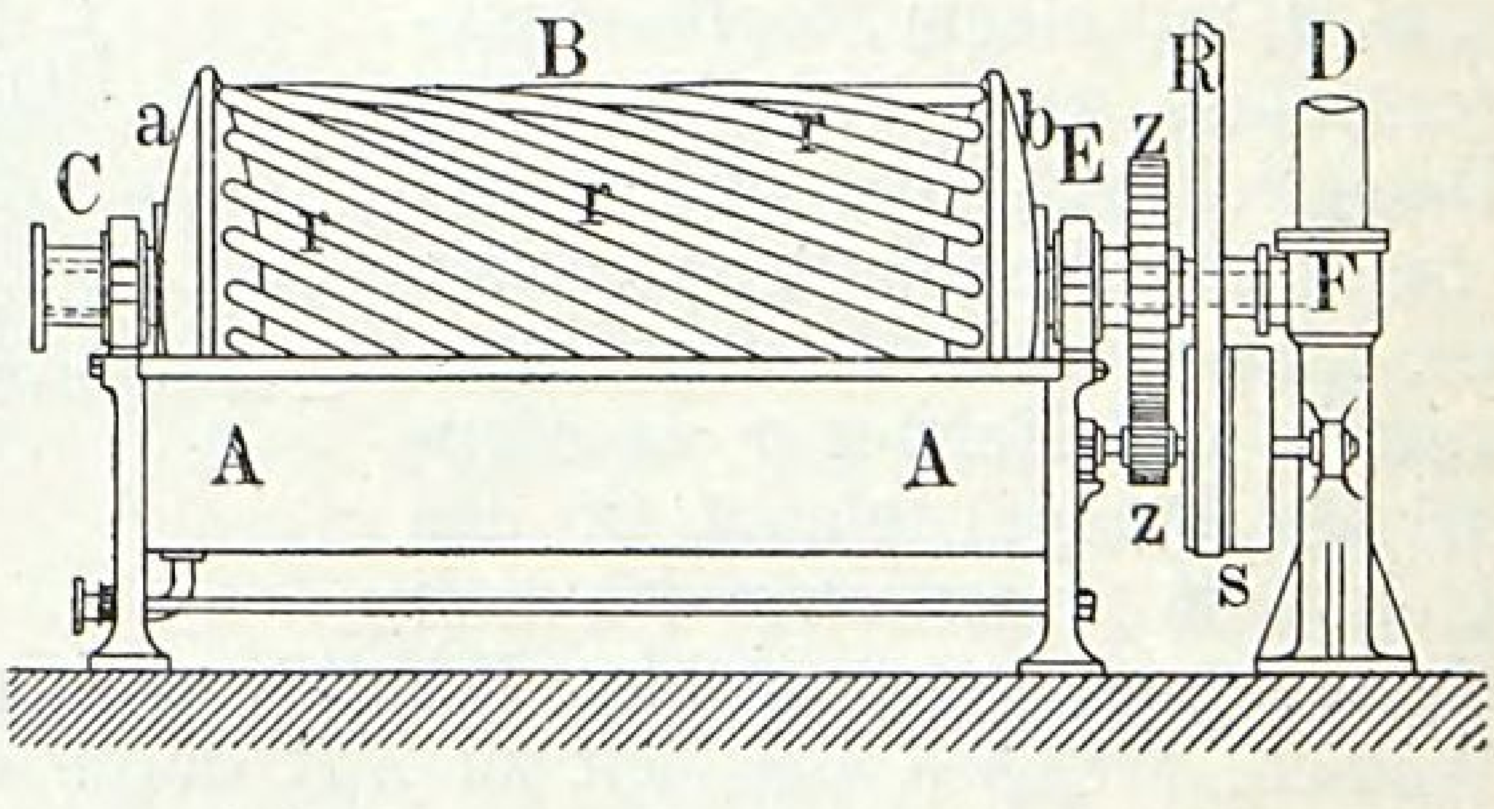


Fig. 399.

Als Beispiel einer drehenden Dampfschlange zum Verdampfen sei hier die in Fig. 399 skizzirte Anordnung (Quiel) angeführt. Dieselbe besteht der Hauptsache nach aus einem halbcylindrischen Trog A A

und einer Trommel B, welche von dem Riemen R mittels Riemscheibe s und Zahnradvorgelege z z um die hohlen Zapfen C und D in Umdrehung versetzt wird, bei dieser Umdrehung nicht nur stets die Flüssigkeit mit in Bewegung hält, sondern zum Teil mit in die Höhe nimmt. Die Trommel B ist aus zwei Hohlkörpern a und b und einer grösseren Anzahl Röhren r r gebildet, welche diese Hohlkörper verbinden. Von den genannten Zapfen ist der Zapfen D verlängert und mittels einer Stopfbüchse F an den hohlen Ständer D angeschlossen, der mit der Dampfleitung verbunden ist. Der Dampf strömt demnach von D durch F und E in den Hohlkörper b, durch die Röhren r in den Hohlkörper a und von diesem durch den hohlen Zapfen C in die Dampfableitung. Indem nun bei der Drehung der Trommel B die mitgenommene Flüssigkeit sich in einer dünnen Schicht über die Röhren verbreitet und dadurch eine grosse Oberfläche der Verdampfung darbietet, sowie an den, zu dem Zwecke schraubenförmig gewundenen Röhren nach unten abläuft, findet eine sehr rasche Verdampfung statt.

In Fig. 400 ist die Anordnung eines grösseren Kochers mit Dampfschlangen dargestellt, der in erster Linie zum Eindampfen von Zuckersaft (Glycerin, Milch, Leim, Farbholzextrakt etc. bestimmt und deshalb mit einem Vakuumapparat verbunden ist, im Uebrigen aber die allgemeine Einrichtung solcher Kocher veranschaulicht. Derselbe besteht aus einem kupfernen kugelförmigen Gefässe A mit einem Doppelboden B und einem cylindrischen Aufsatz C und wird von gusseisernen Stützen G, G frei getragen. Im Innern liegt die Dampfschlange D, welche durch den mit Zulassventil ausgestatteten Stutzen a mit der Dampfleitung d verbunden ist, von der sich zugleich ein Rohr e nach dem Raum des Doppelbodens abzweigt. Zum Ableiten des Dampfes und des kondensirten Wassers aus der Heizschlange dient das Rohr g, aus dem Doppelboden das Rohr f. Das Füllen des Kochers erfolgt durch das mit dem Saft etc. Behälter verbundene Einlassrohr, das bei c in den Kocher mündet. Zum Entleeren des Kochers ist in der tiefsten Stelle des Bodens ein Ablaufrohr n mit Stutzen m angebracht, in dem sich ein Verschlussventil befindet, das von dem Handhebel h sowohl festgehalten als geöffnet wird. Der aus dem Kocherinhalt aufsteigende Dampf gelangt zunächst in den Dom C, verliert hier die beim Kochen mit hinauf geworfenen Teile des Inhalts und tritt durch das Rohr i i in das Gefäss K (Kondensator). Dieses Gefäss besteht aus zwei Teilen, indem sich im Innern

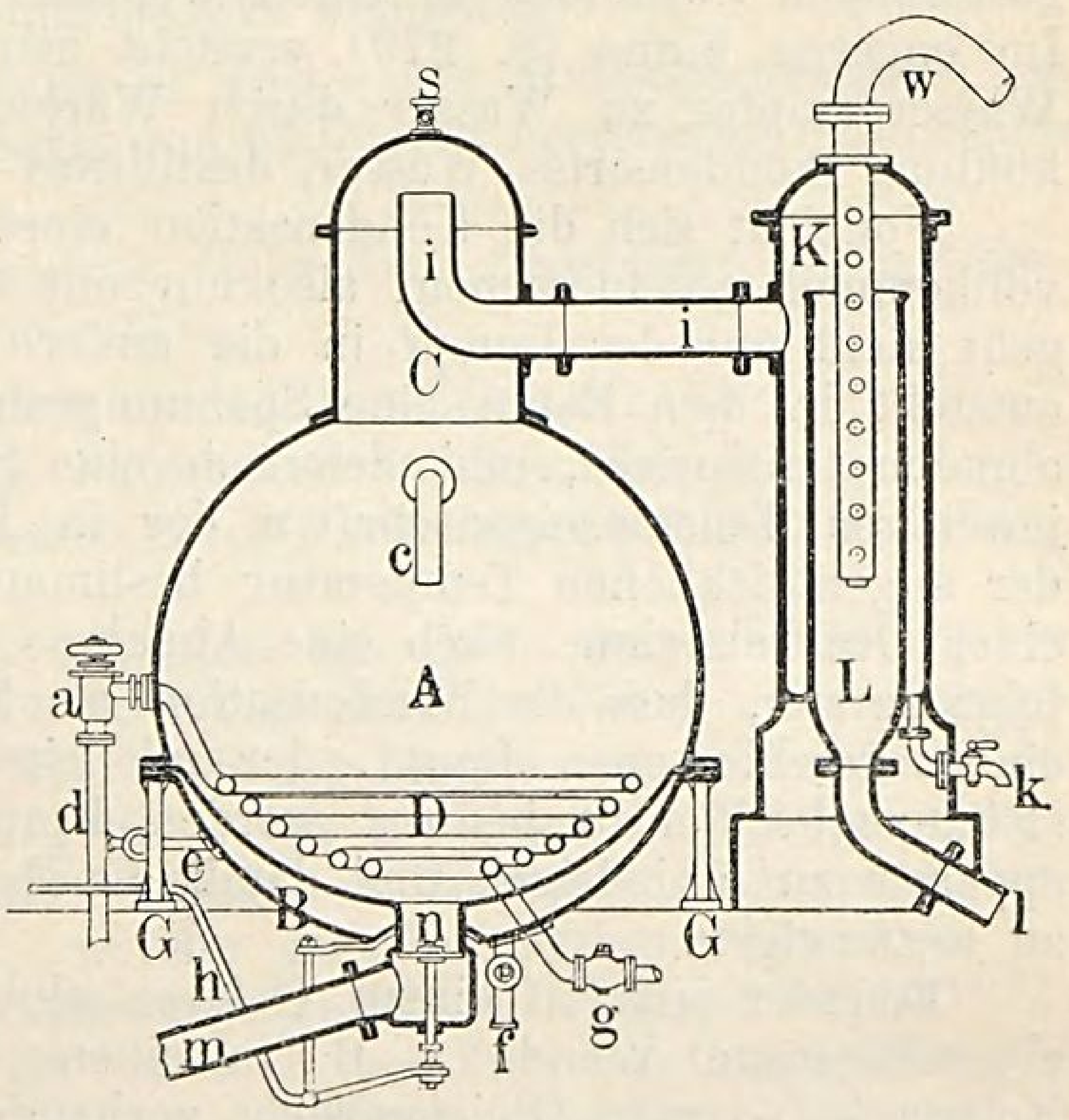


Fig. 400.

desselben ein Gefäss L erhebt, welches zur eigentlichen Abkühlung des Dampfes bestimmt und deshalb mit dem Ablauf l versehen ist, während der Zwischenraum zwischen L und K den Zweck hat, die etwa aus A übergetretene oder mitgerissene Masse aufzufangen und durch den Hahn k von dem kondensirten Wasser getrennt abzulassen (Uebersteiger). Die Abkühlung des in L eintretenden Dampfes findet durch kaltes Wasser statt, welches aus zahlreichen kleinen Oeffnungen des Kaltwasserrohres w als Regen ausströmt, sich schnell mit dem Dampf mischt, diesen niederschlägt und unter Bildung eines Vakuum (Vakuumapparat) aus dem Apparate durch das mit einer Luftpumpe oder einem Barometerrohr verbundene Rohr l entfernt.

Drittes Kapitel.

Kondensatoren.

Mit Kondensation oder Verdichtung bezeichnet man in der Technik eine Zustandsänderung, welche den Uebergang eines luft- oder gasförmigen Zustandes in einen tropfbar flüssigen Zustand zur Folge hat. Im engeren Sinne (S. 279) versteht man darunter die Verdichtung des Wasserdampfes zu Wasser durch Wärmeentziehung beziehungsweise Abkühlung (kondensirtes Wasser, destillirtes Wasser).

Vollzieht sich die Kondensation eines dampfförmigen Stoffes in einem vollkommen geschlossenen, also nur mit diesem Stoffe gefüllten Raum, so geht nicht nur der Dampf in die andere Aggregatform über, sondern es entsteht in dem Raum eine Spannungsabnahme, welche der Temperaturabnahme entspricht, und demnach eine Spannung, deren Grösse von den jeweiligen Tensionseigenschaften der in Betracht kommenden Stoffe und der augenblicklichen Temperatur bestimmt wird. — Da nun (S. 277) mit einer Druckabnahme auch eine Abnahme der Siedetemperatur eintritt, so folgt daraus, dass die Kondensation als Mittel zur Druckverminderung in einem geschlossenen Raum, der mit einem Kochapparate in Verbindung steht, zugleich dazu benutzt werden kann, die Siedetemperatur im Kochapparate zu erniedrigen und damit die Dampfbildung, also das Abdampfen, zu begünstigen.

Befindet sich in einem Gefässe eine bewegliche aber überall dicht abgeschlossene Wand, z. B. in einem Cylinder (Fig. 124 S. 78) ein Kolben k, so wird Gleichgewicht vorhanden sein, wenn auf beiden Seiten der Einheitsdruck gleich ist. Aendert sich dieses Verhältnis, d. h. tritt z. B. auf einer Seite eine Druckverminderung ein, so erfolgt nun auch infolge eines grösseren Ueberdruckes eine Kolbenbewegung mit einer Kraft, welche der Druckdifferenz gleich ist und in einer Richtung nach dem Cylinderende, in welchem ein geringerer Druck herrscht. Hieraus geht hervor, dass, da in einem solchen mit Kolben ausgestatteten und mit gespanntem Wasserdampf gefüllten Cylinder (Dampfcylinder) durch Kondensation des Dampfes abwechselnd an einer Seite des Kolbens eine Druckverminderung, also Widerstandsverminderung hervorgebracht werden kann, die Kondensation ein Mittel ist, die Wirkung des Dampfes in den Dampfmaschinen zu erhöhen, indem die treibende Kraft des Dampfkolbens vergrössert wird.

Die Kondensation schliesst des weiteren die Abgabe von Wärme an diejenigen Stoffe in sich, welche dazu bestimmt sind, die Verdichtung durch Wärmeentziehung hervorzubringen und deshalb als Wärmesammler, d. h. Mittel gelten können, welche die Wärme wieder in den Kreislauf einführen. — Statt z. B. den zu einem bestimmten Zwecke benutzten Wasserdampf mit seiner Wärme ins Freie treten, also die darin vorhandene Wärme verloren gehen zu lassen, kann man denselben mit kaltem Wasser mischen, dieses dadurch erwärmen und dann dem Dampferzeuger als Speisewasser zuführen und somit die nach dem Gebrauch übrig gebliebene Wärme von neuem in den Kreislauf bringen.

Vielfach benutzt man die Wärme, um Stoffe von einander zu trennen, d. h. von nicht oder weniger flüchtigen Stoffen, leichter flüchtige abzuscheiden und dann mittels Wiederverdichtung durch Abkühlung zu gewinnen (Sublimation des Schwefels, des Zinkes, der Bensoesäure; Destillation des Wassers, des Weingeistes, der ätherischen Oele, des Petroleums u. s. w.) Für diese in der chemischen Industrie bei zahlreichen Prozessen notwendigen Arbeiten sind dann zur möglichst vollständigen Wiedergewinnung der ausgetriebenen Stoffe passende Kondensationseinrichtungen zu treffen.

Aus diesen durch Kondensation zu erzielenden Wirkungen ergeben sich als die wichtigsten Anwendungszwecke derselben:

1. Bildung einer Luftverdünnung in Koch- und Abdampfapparaten, um die Koch- und Abdampftemperaturen und damit Zersetzung organischer Substanzen zu vermeiden.
2. Erhöhung der Leistungsfähigkeit einer Dampfmaschine infolge Verminderung des Kolbengegendruckes.
3. Wiedereinführung der Wärme in den Kreislauf.
4. Gewinnung der verdampften Substanzen bei Destillations-, Abdampf-, Sublimations- u. dergl. Prozessen durch Verdichtung infolge Abkühlung.

Die Mittel, welche zur Kondensation mit Hilfe der Abkühlung zur Verwendung kommen, richten sich zum Teil nach der Natur des in Dampfform übergeführten Stoffes, zum Teil nach der Temperatur, bei welcher die gewünschte Verdichtung vor sich geht. — Je niedriger die Verdampfungstemperaturen liegen, je niedriger müssen selbstverständlich auch die Temperaturen gehalten werden, welche die Verdichtung bewirken. — Wasserdampf z. B. verdichtet sich unter gewöhnlichem Luftdruck bei 100 ^{0} C.; Alkohol bei 78,3 ^{0}; Aether bei 35 ^{0} u. s. w. — Zur Gewinnung des bei 450 ^{0} verdampfenden Schwefels dienen einfache gemauerte Räume, in welchen der Schwefel als Schnee niederfällt, so lange die Temperatur der Räume 112 ^{0} nicht überschreitet. — Bei der Destillation des Zinkes gebraucht man zur Abkühlung nur sog. Vorlagen aus Thon, welche vor dem Eintritte atmosphärischer Luft geschützt sind.

Diejenigen Vorrichtungen, in welchen die Kondensation vor sich geht, heissen allgemein Kondensatoren, in einzelnen Fällen Kühler oder Abkühler. Die weitaus grösste Zahl der Kondensatoren beruht auf dem Prinzip, die Kondensation durch Wasser zu bewirken, weil fast überall das Wasser in genügender Menge leicht zu beschaffen und für den in Rede stehenden Zweck zur Verwendung zu bringen ist. Nebst dem Wasser gewinnt in neuester Zeit auch die Luft als Kühlmittel, namentlich da

immer mehr Aufnahme, wo ausreichende Wassermengen fehlen. Je nach Wahl dieser Kühlmittel ist es angemessen, die Kondensatoren in zwei Klassen, in Wasser- und Luftkondensatoren zu scheiden.

Bewegen sich in einem Kondensator die abzukühlenden Stoffe der Kühlflüssigkeit entgegen, so entsteht der Gegenstromkondensator, zum Unterschiede von dem Mitstrom- oder Parallelstrom-Kondensator, bei welchem beide dieselbe Bewegungsrichtung besitzen. — Die Gegenstromkondensatoren haben das Eigentümliche, dass die Kühlflüssigkeit bei ihrem Eintritte in den Kondensator zuerst den bereits erheblich abgekühlten, bei Austritte aus demselben den noch ungekühlten Dämpfen begegnet. Dem gegenüber gelangen bei den Mitstromkondensatoren Kühlflüssigkeit und Dämpfe unmittelbar nach dem Eintritte in den Kondensator auf einander zur Wirkung. Aus diesem Unterschiede ergiebt sich u. a. für die Gegenströmung der Vorteil, dass unter sonst gleichen Umständen dieselbe weniger Kühlwasser bedarf.

Zur Einführung des Kühlwassers in den Kondensator kann infolge des im letzteren vorhandenen Vakuums ein Rohr benutzt werden, welches von dem Kondensator ausgeht und unter den Wasserspiegel eines Behälters, Brunnens etc. reicht, wenn ein genügender Ueberschuss des Atmosphärendruckes vorhanden ist, was z. B. bei Hochbehältern, Wasserleitungen stets, bei tiefer liegenden Brunnen etc. oft vorkommt. Reicht jedoch solcher Druck bei tiefer Lage des Wasserspiegels nicht aus, so muss eine Wasserhebevorrichtung (Kaltwasserpumpe, Dampfstrahler u. dergl.) zu Hilfe genommen werden.

Bei der Anlage von Kondensatoren ist nicht ausser Acht zu lassen, dass das Wasser im gewöhnlichen Zustande nicht unerhebliche Mengen von Gasen, namentlich Luft und Kohlensäure, enthält und dieselben um so schneller und ausgiebiger entlässt, je höher seine Temperatur und je niedriger der Druck ist, unter dem es steht. Aus dem Grunde ist nicht nur jedem Wasserdampf Luft beigemengt, sondern es sind auch, wenn die Kondensation des Wasserdampfes in einem geschlossenen Raum unter Bildung einer Luftverdünnung erfolgt, die Bedingungen für die Ausscheidung der Luft etc. aus dem Wasser derart günstig, dass sehr bald der Kondensirraum sich damit anfüllen würde, wenn nicht eine entsprechend rasche Entfernung derselben stattfände.

Ausserdem befindet sich gewöhnlich in dem Kondensator noch Dampf, so dass demnach mit den Kondensatoren Vorrichtungen zu verbinden sind, welche die Fortschaffung der Luft und des Wasserdampfes bewerkstelligen. In der Regel bedient man sich zu diesem Zwecke besonderer Pumpen, welche den Namen Luftpumpen erhalten haben.

Die Abfuhr des warmen Wassers kann entweder durch ein Abfallrohr, einen Strahler oder eine besondere Warmwasserpumpe erfolgen. — Wegen der im Kondensator herrschenden Luftverdünnung muss das zur Fortschaffung des Wassers bestimmte Abflussrohr selbstverständlich unter Wasser ausmünden und eine solche Länge erhalten, dass die darin befindliche Wassersäule nicht durch den äusseren Luftdruck in den Kondensator zurückgedrückt wird. Da nun der Atmosphärendruck einer Wassersäule von etwa 10 *m* das Gleichgewicht hält, so pflegt man auch gewöhnlich als vertikalen Abstand zwischen Einlauf und Auslauf des Fallrohres die Wasser-

barometerhöhe von 10 *m* zu wählen (Barometerrohr). Gestattet es die Höhenlage des Kondensators, so ist ein solches Fallrohr stets einer Pumpe vorzuziehen, indem dasselbe das Wasser ununterbrochen ohne Arbeitsaufwand fortschafft und sich durch einfache Anlage auszeichnet.

Um die Entfernung des Luft-Dampfgemisches und des warmen Wassers mit einem Apparate bethätigen zu können, giebt man in den Fällen, in welchen ein Abfallrohr nicht gebraucht wird, der Luftpumpe eine solche Einrichtung, dass sie zugleich als Warmwasserpumpe wirkt. Sie wird dann nasse Luftpumpe genannt, gegenüber der trockenen, die nur zur Entfernung des Luft-Dampfgemisches dient.

Diejenigen Kondensatoren, bei welchen kaltes Wasser zur Abkühlung benutzt wird, sind entweder in der Weise eingerichtet, dass der Dampf sich unmittelbar mit dem Wasser mischt, oder die Abkühlung erfolgt mit Hilfe von Kühlkörpern, welche vom Wasser kühl gehalten werden und dem Dampf die Wärme durch Oberflächen-Berührung entziehen. Demgemäss lassen sich die Kondensatoren in zwei Gruppen einteilen, in

1. Mischkondensatoren und
2. Oberflächenkondensatoren.

I. *Mischkondensatoren.*

Die Mischkondensatoren sind selbstverständlich nur anwendbar, wenn eine Vermischung der zu verdichtenden Stoffe mit Wasser überhaupt zulässig und letzteres von solcher Beschaffenheit ist, dass es dem Gemische keine Eigenschaften erteilt, die dasselbe unbrauchbar machen. — So ist z. B. stark salzhaltiges Meerwasser zum Gebrauch in diesen Kondensatoren ausgeschlossen, wenn beabsichtigt wird, das durch Kondensation gewonnene Wasser von Neuem den Dampferzeugern zuzuführen, weil der Salzgehalt eine grosse Kesselsteinablagerung bewirken würde.

Andererseits verdienen die Mischkondensatoren, wenn sie statthaft sind, stets den Vorzug, da eine unmittelbare Berührung mit dem Kühlwasser die erfolgreichste Art der Abkühlung ist. — Als Einspritzwassermenge kann man für gewöhnliche Verhältnisse 25 bis 30 *kg* auf 1 *kg* Dampf rechnen.

Die Mischung kann im allgemeinen in dreierlei Weise erzielt werden, je nachdem man das Kühlwasser in Staub- oder Tropfenform in den Kondensator einspritzt, oder in sehr dünnen Lagen auf Flächen ausbreitet oder mit Hilfe eines Strahlers (S. 351) dem Dampf darbietet. Hiernach lassen sich unterscheiden:

1. Einspritzkondensatoren.
2. Rieselkondensatoren.
3. Strahlkondensatoren.

A. Einspritzkondensatoren.

Das Einspritzen erfolgt durch sog. Brausen, gelochte Röhren, Streudüsen und Strahler, welche unmittelbar an die Kühlwasserleitung angeschlossen und im Kondensator in der Weise auszuführen und anzubringen

sind, dass der Wasserstrom möglichst günstig mit dem Dampfstrom zusammentrifft, damit eine schnelle und innige Mischung erfolgt.

Die Brausen, unter welchen man (Fig. 343 S. 346) die trichterförmigen, mit durchlochten kugelabschnittförmigen Boden abgeschlossenen Erweiterungen des Zufuhrrohres versteht und die ebenfalls siebartig durchlöcherten Röhren haben den sehr beachtenswerten Nachteil, dass deren Löcher sich mit den abgeschiedenen mineralischen Teilen des Kühlwassers leicht verstopfen und die erforderliche Menge Kühlwasser nicht mehr durchlassen. Aus diesem Grunde sind diejenigen Einspritzvorrichtungen vorzuziehen, bei welchen das Kühlwasser aus einem kegelförmigen Ringschlitz, wie durch die Oeffnung eines Kegelventils (S. 102), also in einer Kegelmantelfläche ausströmt, zumal hiermit, wegen des zunehmenden Umfanges dieses Mantels, eine ausserordentlich feine Verteilung des Wasserstrahles erfolgt.

Besonders wirksam sind in Bezug auf feine Verteilung die sog. Streudüsen (Körting). Dieser Zerteilungsapparat (Fig. 401) besteht aus einem konoidischen Mundstück a, das im Innern einen massiven Dorn e besitzt, auf dem eine Metallspirale s angebracht ist, welche unbeweglich auf ihrem Sitze festgehalten wird und dadurch der vorbeistreichenden Flüssigkeit eine drehende Bewegung erteilt. Infolgedessen tritt die Flüssigkeit als ein Kegelmantel aus, der aus lauter Tropfen zusammengesetzt ist.

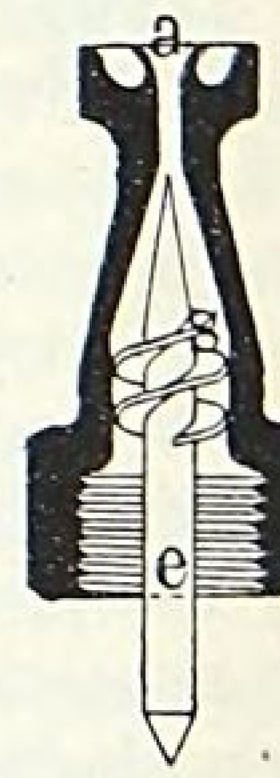


Fig. 401.

Statt der genannten Einspritzorgane finden in letzterer Zeit die Strahler immer mehr in der besonderen Ausbildung als Strahlkondensatoren Anwendung, weil bei ihnen zugleich die Luftpumpe entbehrlich wird, weshalb man auch wohl Luftpumpen- und Strahlkondensatoren unterscheidet.

Ein bei Dampfmaschinen häufig angewendeter Einspritzkondensator ist in Fig. 402 dargestellt. Derselbe besteht aus dem Einspritzapparate A im eigentlichen Kondensator C, der in dem oben mit einem abnehmbaren Deckel D versehenen Kasten B untergebracht ist, der seinerseits auf dem Pumpenkasten E E aufruht. Der Einspritzapparat A setzt sich zusammen aus den beiden Einspritzröhren i, i und aus dem mit der Kaltwasserleitung oder Pumpe verbundenen Setzstücke a, das sich zum Zwecke der Röhrenreinigung fortnehmen lässt. Der Dampf tritt durch den Stutzen d ein, vermischt sich sofort mit dem fein verteilten Kühlwasser und schlägt sich im Kondensator C nieder. Die horizontal angeordnete nasse Luftpumpe P wirkt in Verbindung mit den 4 Gummiklappenventilen 1, 2, 3, 4 (Fig. 139 S. 100) in der Weise, dass der Kolben k Wasser, Luft und Dampf in beiden Bewegungsrichtungen ansaugt und fortdrückt, wobei abwechselnd die Saugventile 1 und 2, sowie die Hubventile 3 und 4

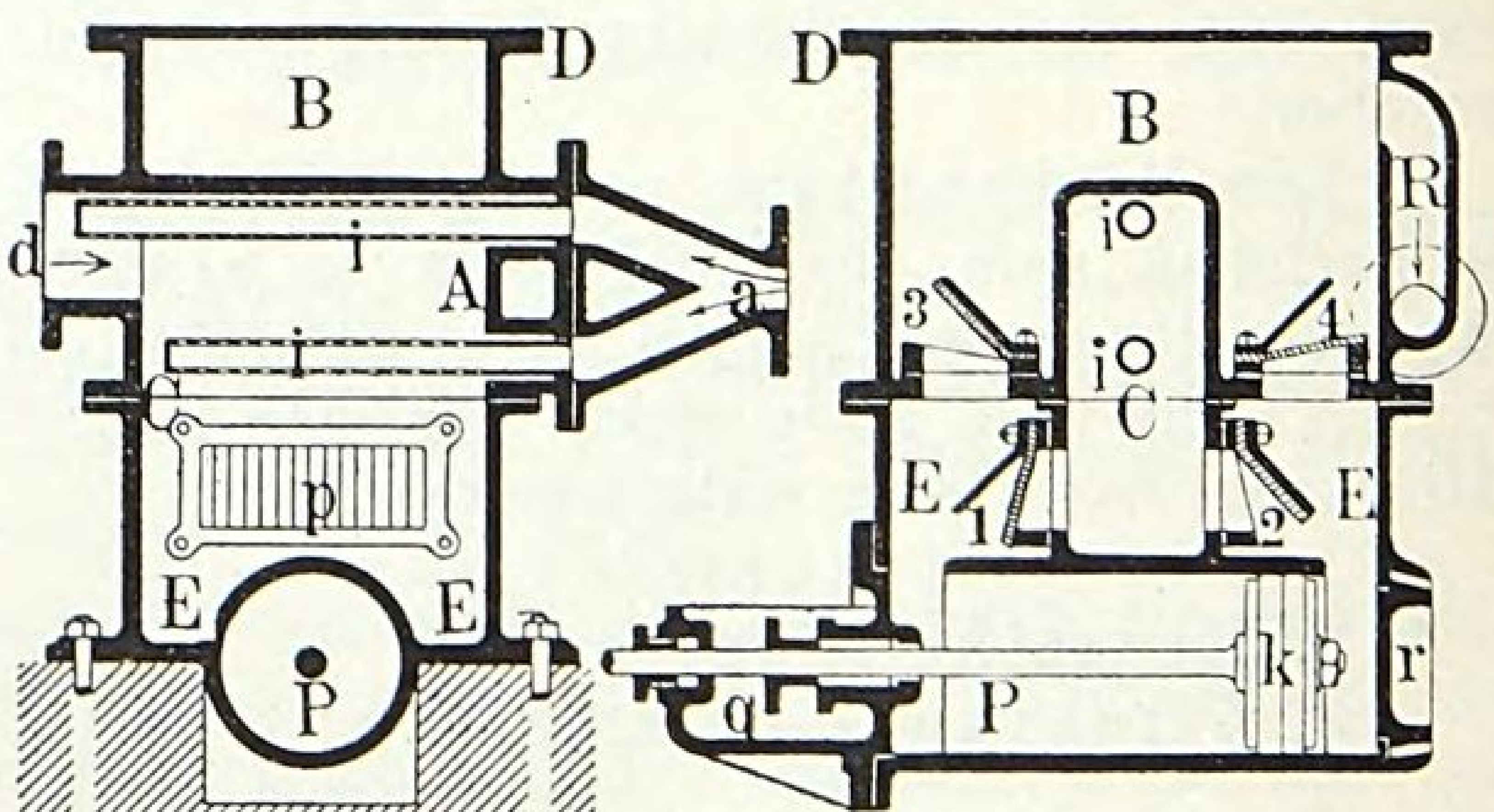


Fig. 402.

geöffnet und geschlossen werden. Das zunächst in den Raum B gedrückte Gemisch gelangt durch das Rohr R sodann aus dem Kondensator in den Warmwasserbehälter. Dass die mit p, q, r bezeichneten Verschlüsse und Stopfbüchsen leicht zu entfernen sind, um die Ventile und Pumpenteile schnell zugänglich zu machen, bedarf nur der Andeutung. — Wendet man als Saugventile runde Klappenventile nach Art der Fig. 139 S. 100 an (Klein), so bleibt die Luft auf dem Wege durch diese Ventile stets über dem Wasser und kann vollständiger fortgeschafft werden.

Derselben Gattung Einspritzkondensatoren gehört der durch Fig. 403 vor Augen geführte an. In den Kondensirraum C tritt von einer Seite

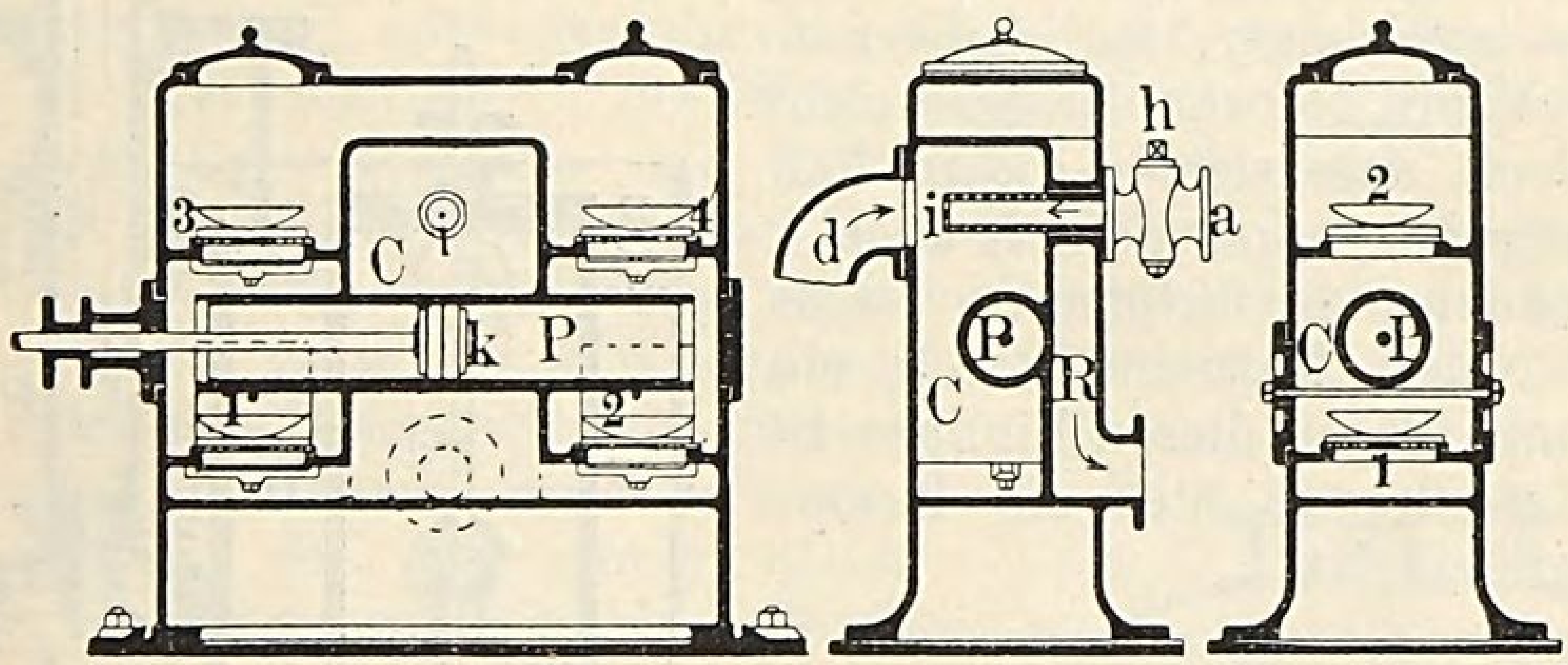


Fig. 403.

das mittels Hahn h regulirbare Kühlwasser durch das Brauserohr i ein, während durch das Rohr d der Dampf einströmt. Das niedergeschlagene Wasser sammelt sich in C unten an und wird durch die doppeltwirkende Pumpe P weggeschafft, indem es infolge der Hin- und Herbewegung des Kolbens k abwechselnd die Saugventile 1, 2 und die Druckventile 3, 4 passirt und aus dem oberen Teile des Ventilgehäuses durch den Kanal R in den Warmwasserbehälter fliesst. Zur Entfernung des Luft- und Dampfgemisches dient, wie die Zeichnung ergiebt, dieselbe Pumpe von dem Augenblicke an, in welchem der Wasserspiegel im Kondensator unter die Saugventile sinkt, so dass die nasse Luftpumpe abwechselnd Warmwasser und Luft fortschafft. Die Ventile 1, 2, 3, 4 bestehen aus runden Kautschukscheiben mit durchbrochenen Unterlagen nach Art der Fig. 139 S. 100.

Für manche Anlagen ist es erwünscht, der Kondensatorluftpumpe eine vertikale Aufstellung zu geben, sowie alle mit dem Kondensator zusammenhängende Teile kühl zu halten, indem man dieselben in einem Wasserbehälter anordnet. Als Muster einer solchen Kondensatoranlage kann die in Fig. 404 dargestellte gelten. Dem aus einem cylindrischen Gefässe gebildeten Kondensatorraum C strömt der Dampf oben durch das Dampfrohr d zu, während das Kühlwasser durch das Rohr a, und zwar mittels des Streukegels i fein verteilt, eintritt. Neben dem Kondensator steht die Luftpumpe P mit dem ersteren durch den Kanal b verbunden. Der Pumpenkolben k erhält seine Auf- und Abbewegung mittels der Lenkstange l und seine Führung mittels der diese Stange l umgebenen Röhre r r als Kolbenstange. Das sog. Saugventil befindet sich bei 1, das Hubventil bei 2 in dem Kolben k, so dass bei der Abbewegung des Kolbens 2 geöffnet und 1 geschlossen und bei der Aufbewegung 1 geöffnet und 2 geschlossen wird. Das dritte über dem Pumpenstiefel angebrachte Ventil 3 kann als Ent-

lastungsventil gelten, weil die beim Niedergange des Kolbens unterhalb desselben sich bildende Kompression der Luft zum Oeffnen des Ventils nicht so gross zu werden braucht, als wenn das Ventil 3 nicht vorhanden ist. Ueber dem Ventil 3 gelangt das Luft- und Wassergemisch durch das Rohr R nach seinem Bestimmungsort. Kondensator C und Luftpumpe P stehen zusammen in einem Wasserbehälter W, W, W (Cisterne), aus welchem das Kühlwasser bei a für den Kondensator entnommen wird und der mit Wasserzulaufrohr z und Wasserüberlaufrohr u versehen ist. Da die Ventile 2 und 3 auch allein zur Wirkung der Pumpe ausreichen, so bleibt mitunter das Ventil 1 fort. In Rücksicht darauf jedoch, dass sich in diesem Fall die Kompression unter dem Kolben k in den Kondensator fortpflanzt, ist es anzurathen, den letzteren durch ein solches Ventil gegen diesen Einfluss zu schützen, wenn wie hier die Pumpe einfach wirkend ist.

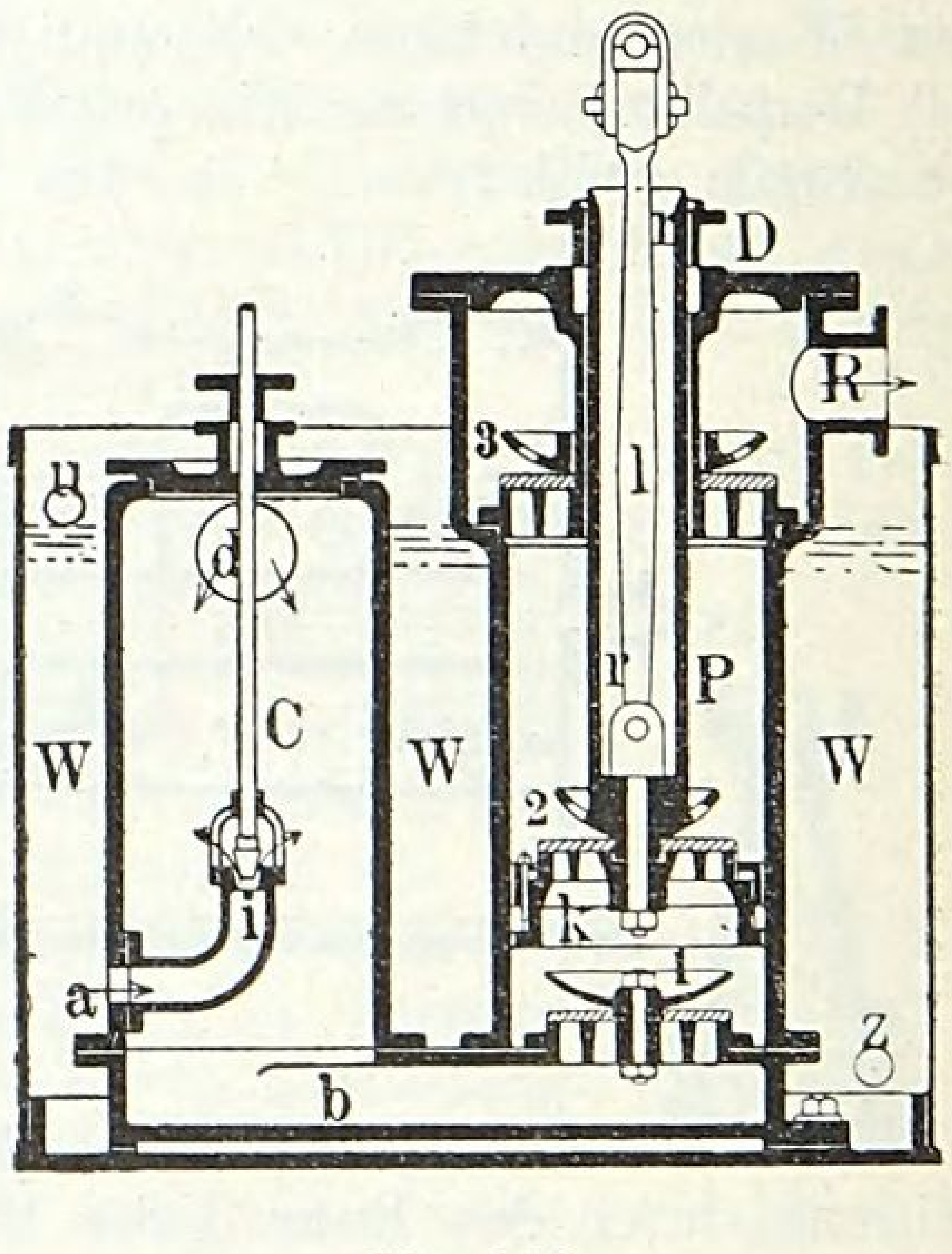


Fig. 404.

B. Rieselkondensatoren.

Die Rieselkondensatoren charakterisiren sich dadurch, dass das Kühlwasser nicht in Staub- oder Tropfenform, sondern in sehr dünnen Schichten ausgebreitet dem Wasserdampf dargeboten wird. Zur Bildung dieser dünnen Schichten mit grossen Oberflächen lässt man das Kühlwasser an vertikalen Verteilungsorganen oder über Platten weglaufen, welche so gelagert sind, dass sie ein wenig von der horizontalen Lage abweichen. — Als vertikale Verteilungsorgane kommen in Betracht: Ketten, durchlöcherte Röhren, gewellte Bleche, geriffelte Stäbe und glatte Wände. Dieselben sind derart hängend in den Kondensatoren angebracht, dass das Kühlwasser, aus einem oben liegenden, mit entsprechend verteilten Löchern versehenen Kammer ausströmend, an denselben herabrieselt, während der Dampf unten eintretend den Wasserströmen begegnet (Gegenstrom).

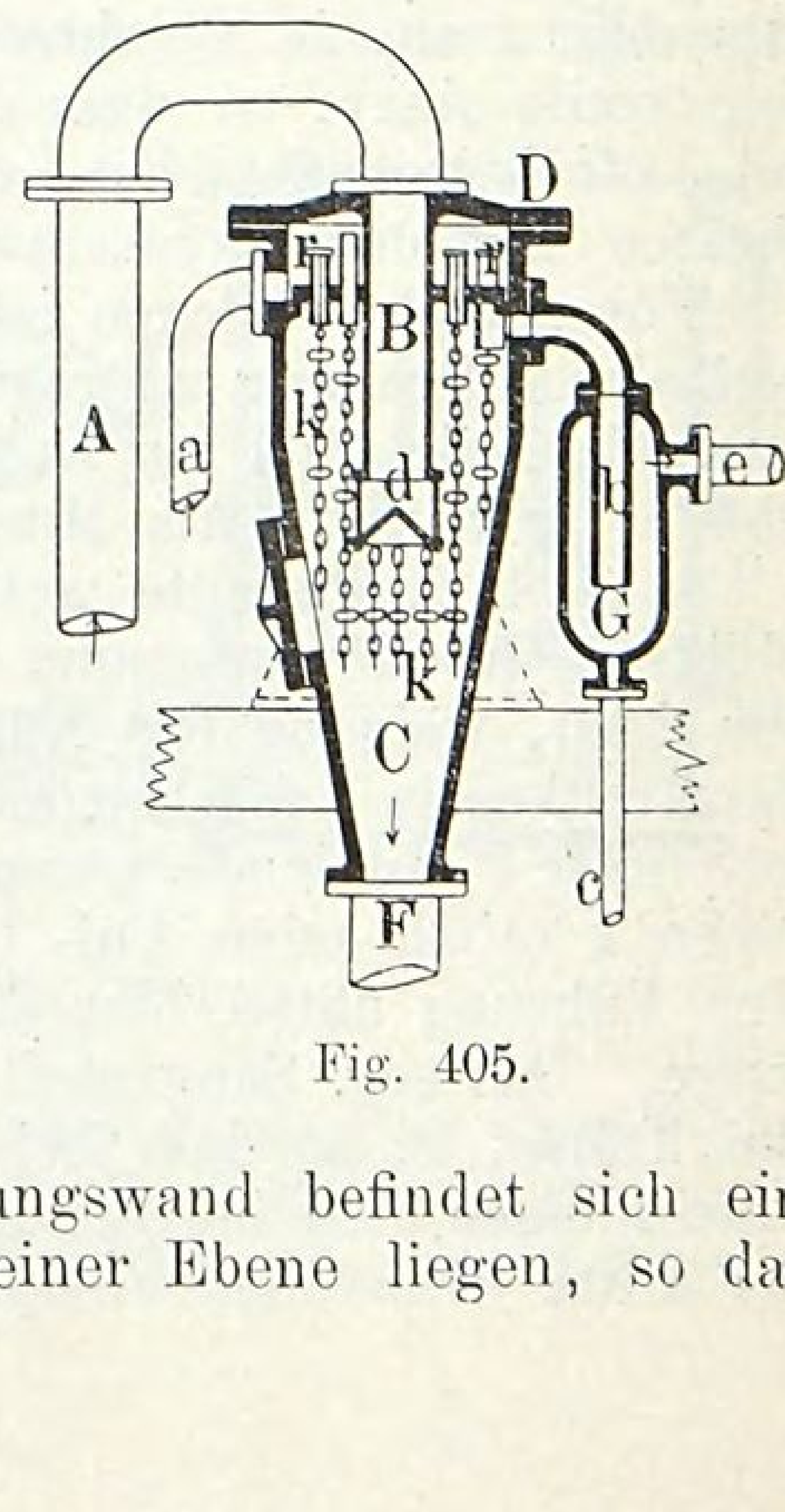


Fig. 405.

Eine neue Ausführung eines solchen Rieselkondensators mit Ketten (Klein) geht aus Fig. 405 hervor. Der Kondensator C ist durch eine wagrechte Wand in zwei Teile C und D geteilt, wovon der obere D als Wasserkammer dient, welcher das Kühlwasser durch das Rohr a zufliesst. Auf dieser Teilungswand befindet sich eine Anzahl Rohrstutzen r, r, deren Oberkante in einer Ebene liegen, so dass

das Wasser durch diese Stutzen gleichmässig abfliesst. Unter jedem Rohre hängt eine Kette k, an welcher das Kühlwasser langsam niederrieselt. Der Dampf gelangt durch das Rohr A B in den Kondensator C und, vermittelst des Kegels d abgelenkt, dem Wasserstrom entgegentretend zur Kondensation, sowie durch das Fallrohr F in den Warmwasserbehälter. Das Luft- und Dampfgemisch sammelt sich unter der horizontalen Querwand und wird durch das Rohr b von einer trockenen Luftpumpe fortgesogen, die mit dem Rohre e in Verbindung steht. Hierbei durchströmt das Gemische den als Wasserabscheider dienenden Behälter G, aus welchem das Abwasser sich durch das Fallrohr c entfernt, so dass die Luft im trockenen Zustande den Kondensator verlassen kann. Aus dem Kondensationsraum C läuft das Wasser unten bei F entweder durch ein Fallrohr von 10 *m* vertikalem Abstande ab oder wird durch die Warmwasserpumpe fortgeschafft.

Ein vielfach verwendeter und bewährter Kondensator für Abdampfzwecke (z. B. in Zuckerfabriken), bei dem die feine Verteilung des Kühlwassers dadurch erreicht wird, dass dasselbe über eine Anzahl horizontaler Platten wegrieselt, ist in Fig. 406 dargestellt. Der eigentliche Kondensator C ist ein cylindrisches Blechgefäss von 750 *mm* Durchmesser, in dessen Mitte sich eine Säule S erhebt, die drei runde Blechscheiben s, s, s trägt, während drei Blechringe r, r, r an der inneren Wand des Gefässes herumlaufen. Scheiben und Ringe werden durch Stützen t, t, t aus Rohrstücken gestützt und auseinandergehalten. Der Boden des Kondensators besteht aus einer gewölbten Blechplatte P, an die sich das Ablaufrohr B für das Kondensationsprodukt anschliesst. Um den Kondensator C läuft ein Mantel E, so dass ein ringförmiger Raum R R entsteht, dem das Kühlwasser durch den Stutzen W zufliesst, und aus welchem dasselbe über den Rand a a in gleichmässigem Strom auf den oberen Teller s gelangt, um sodann über die Teller und Ringe hinwegzurieseln. Die Einströmung für den Dampf befindet sich bei A, so dass letzterer mit dem Kühlwasser abwärts bewegt, infolge der Berührung mit einer grossen Oberfläche verdichtet und mit dem Kühlwasser gemischt dem Ausgange B zugeführt wird, der mit einer nassen Luftpumpe in Verbindung steht, welche Luft, Dampf und Wasser unter Bildung einer Luftleere fortschafft und das Kondensationswasser bis zu einer Höhe von 5 *m* nachsaugen kann.

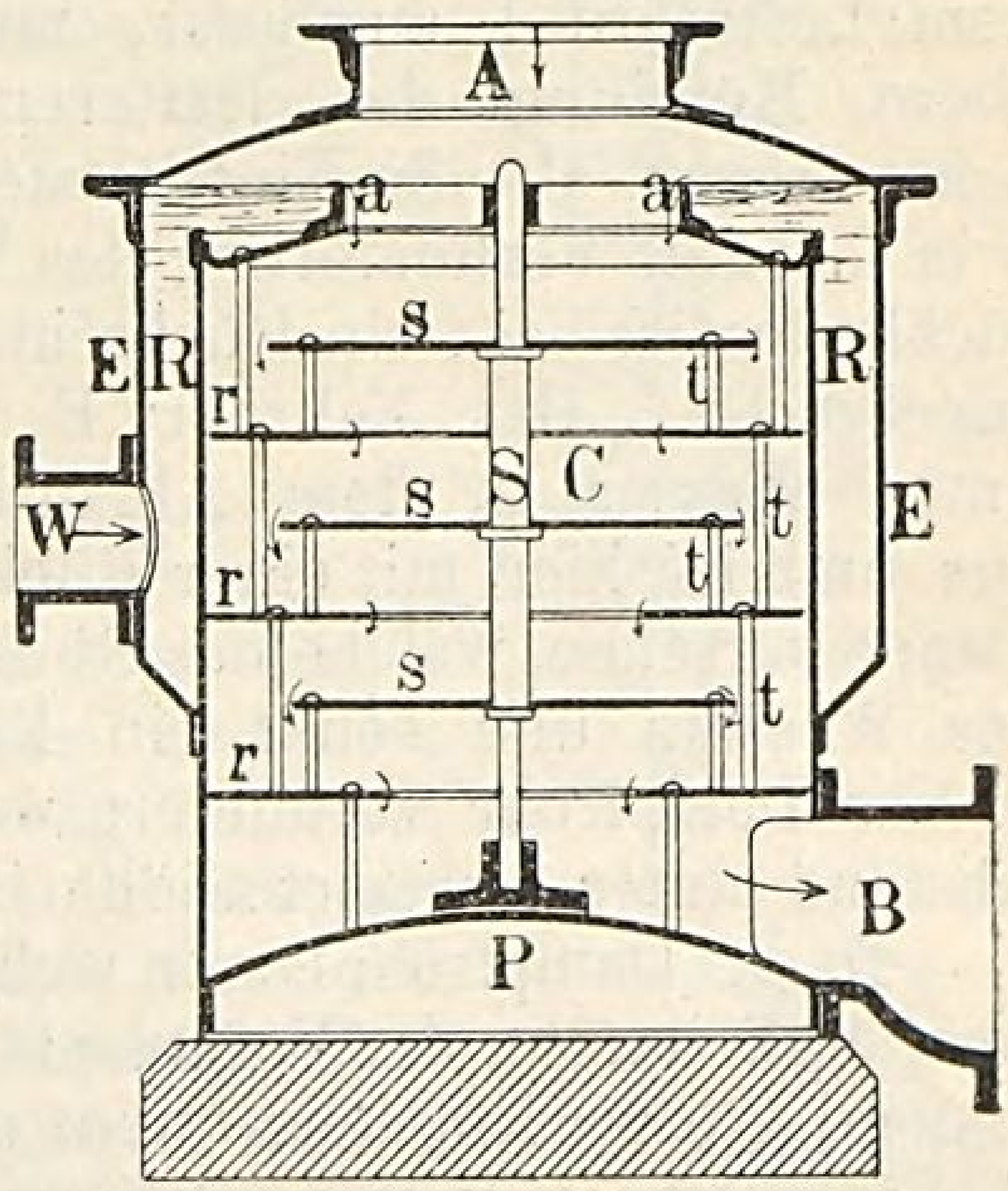


Fig. 406.

Während der eben beschriebene Kondensator zu den Mitstromkondensatoren gehört, ist der in Fig. 407 skizzirte ein sehr empfehlenswerter Gegenstromkondensator (W e i s s) der Gruppe der Einspritzkondensatoren. Derselbe besteht dem Wesen nach aus dem Kondensationsgefässe C, in welchem sich horizontale Querwände t, t befinden, über welche das durch das Rohr w zugeführte Kühlwasser hinwegrieselt. Der zu kondensirende Dampf tritt durch das Seitenrohr unten ein und somit dem niederrieselnden Wasser entgegen. Indem hierbei der Dampf zuletzt mit dem einlaufenden Wasser

in Berührung gelangt, ist es möglich, die Verdichtung mit dem geringsten Aufwand von Kühlwasser zu bewirken. Zugleich bleibt in der sich oben bei e ansammelnden Luft nur wenig Dampf zurück. Das Wasser läuft durch das Fallrohr F ab, während zur Fortschaffung der Luft durch das Luftrohr e f eine trockene Luftpumpe L dient. Steht Gefällwasser nicht zur Verfügung, so ist auch noch eine Kaltwasserdruckpumpe zum Eintreiben des Kühlwassers in den Kondensator notwendig, woraus sich das beistehende Anlageschema ergiebt.

Der Kondensator C entnimmt, infolge seines Vakuums, saugend das Kühlwasser aus dem Behälter B, in den es vermittelst der Kaltwasserpumpe K aus dem Kanal oder Brunnen A hineingepumpt wird. Um dieses Ansaugen zu ermöglichen, befindet sich auf dem Behälter das Luftrohr l. Im Fall in C aus irgend einer Ursache, z. B. durch Heisswerden eine Abnahme des Vakuums und der Saugwirkung eintritt, gelangt das Wasser direkt durch den Pumpendruck in den Kondensator, sodass dann das Rohr w als Pumpendruckrohr und B als Windkessel dient. Damit bei dieser Speisung des Kondensators das Wasser nicht aus dem Luftrohre l ausfliesst, muss die obere Mündung des letzteren etwas höher liegen, als die Eintrittsstelle von w in C. Zur Verhinderung des Wasserrücklaufes ist bei i ein Rückschlagventil angebracht. Das Fallrohr F mündet unter Wasser in dem Ablaufkanal s aus und ist hier mit einer Rückschlagklappe versehen, welche das Rücksaugen des Wassers und somit ein Eintreten in das Dampfrohr verhindert, wenn der Abstand unter Barometerhöhe ist.

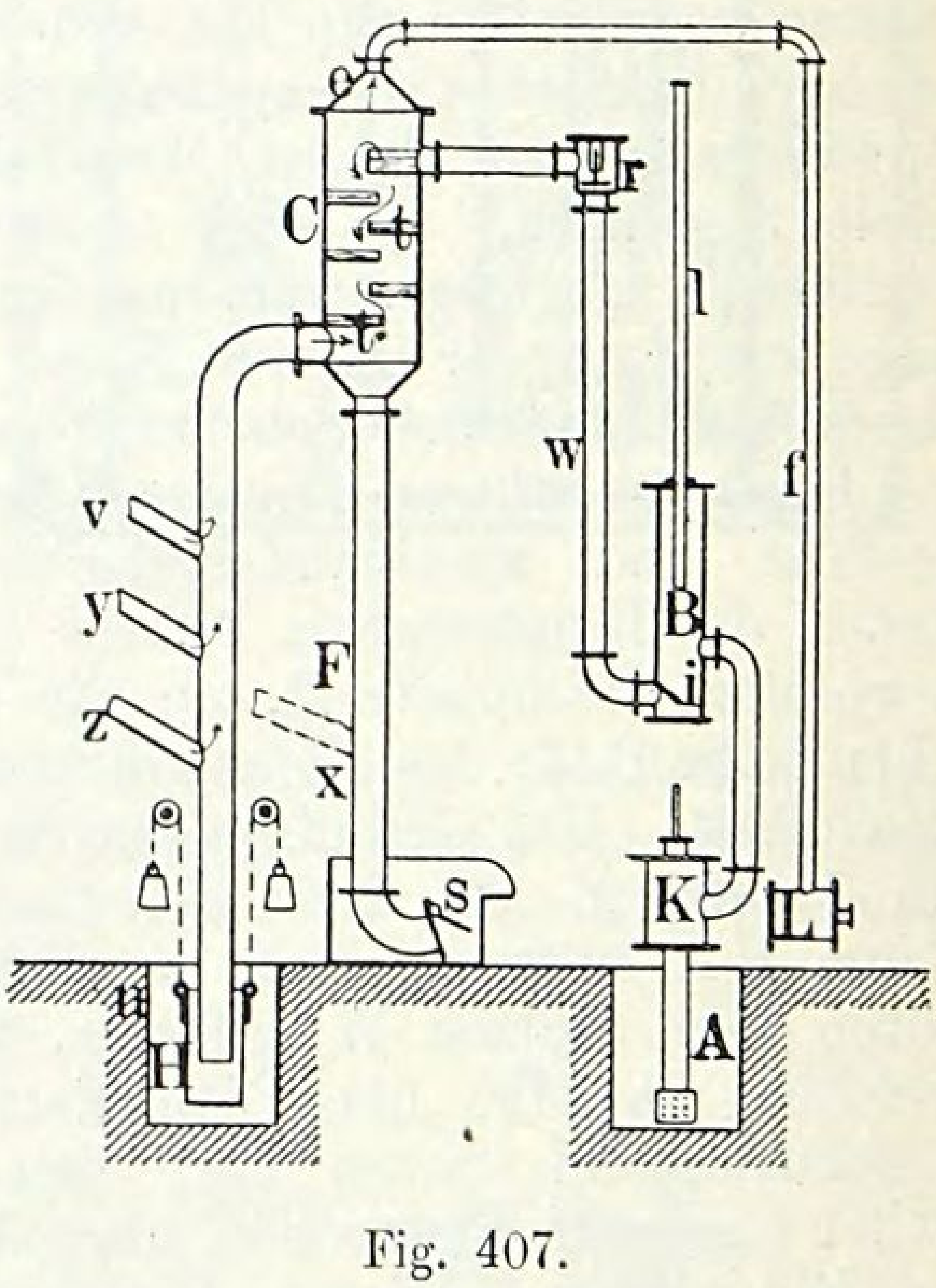


Fig. 407.

In das Dampfrohr lassen sich, selbstverständlich unter der Voraussetzung genügend grosser Kondensatoren, mehrere Dampfleitungen v, y, z einführen, z. B. in Zuckerfabriken von mehreren Eindampfkesseln, um in den letzteren Luftverdünnung und somit Erniedrigung der Siedetemperaturen hervorzubringen. Das hierbei in den Dampfröhren sich bildende Dampfwasser findet entweder durch ein (punktirt angedeutetes) Zweigrohr x seinen Ablauf in das Fallrohr F oder durch eine Verlängerung des Dampfrohres in dem Wasserbehälter H. Da die Pressungen und somit die Temperaturen in den Eindampfapparaten mit der Länge der Wassersäule im Dampfrohre D in Beziehung stehen, indem die Höhe x u, y u, z u bestimmten Pressungen und Temperaturen entsprechen, so besitzt man in dem Dampfrohre zugleich ein einfaches Mittel, diese Temperaturen beziehungsweise Luftleeren je nach der Höhenlage von x, y, z über dem Auslaufpunkt u zu bemessen und zu ändern, wenn damit zugleich die genannten Entfernungen grösser oder kleiner gemacht werden können. Zu diesem Zwecke dient das unter dem Rohre hängende Ueberlaufgefäss H, dessen obere Kante diese Höhe festlegt, indem durch eine leicht zu bewerkstelligende Vertikalbewegung des durch

Gewichte ausgeglichenen Gefässes dieses hinauf- oder hinunter zu verlegen ist.

In Fig. 408 ist ein Kondensator (Schwager) dargestellt, der mit dem vorigen in der Grundlage eine gewisse Aehnlichkeit hat. Statt der Teller und Ringe befinden sich in dem Kondensationsraum C wendeltreppenartig über einander geschichtete Kreisausschnitte s von Blech, welche in ihrer Gesammtheit eine Schraubenfläche mit einer grossen Zahl kleiner Absätze bilden, über welche das durch das Rohr f zulaufende Kühlwasser hüpfend hinwegrieselt. Der Eintritt des Dampfes erfolgt bei D, so dass letzterer dem Wasserstrom sich entgegenbewegt. Als Träger der Kreisausschnitte dient das in der Kondensatorachse angebrachte Rohr a a, welches von Stützen e, e getragen wird und zugleich die Bestimmung hat, das Luft-Dampfgemisch abzuführen, welches oben in dasselbe eintritt. Das Wasserablassrohr F, welches mit der nassen Luftpumpe P in Verbindung steht, nimmt im unteren trichterförmigen Teile des Kondensators mit dem Stutzen r zugleich das Luftrohr a auf, so dass Luft und Wasser gemeinschaftlich durch das Rohr F den Kondensator verlassen. Um hierbei zu vermeiden, dass der Dampf unten zugleich mit dem Wasser in das Rohr gelangt, ist ein Wasserverschluss mittels der Glocke i angebracht, welche wohl Wasser, aber keine Luft durchlässt.

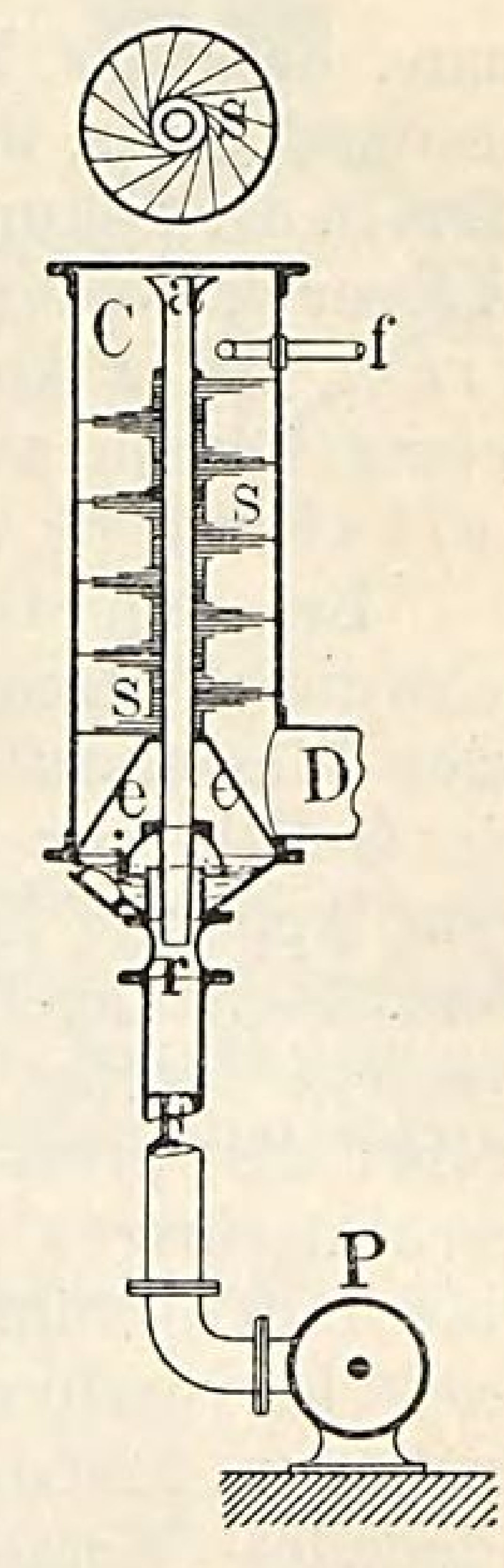


Fig. 408.

C. Strahlkondensatoren.

Die Strahlkondensatoren gehören deshalb zu der Gattung der Einspritzkondensatoren, weil auch bei ihnen der zu verdichtende Dampf gleichzeitig mit dem Kühlwasser in den Verdichtungsraum tritt und sich mit dem Wasser mischt. Sie unterscheiden sich von den Luftpumpenkondensatoren aber wesentlich dadurch, dass der aus Warmwasser, Luft und Dampf bestehende Inhalt des Kondensators nicht mit Hilfe einer Pumpe, sondern durch die lebendige Kraft des Einspritzwassers fortgeschafft wird. Zunächst lässt man zu diesem Zwecke das Kühlwasser durch eine Düse in einem geschlossenen Strahle in den Kondensator eintreten, wo es von dem zu verdichtenden Dampf umgeben wird, der sich auf den Strahl niederschlägt. Ohne die Richtung zu ändern, durchstreicht der Strahl den Verdichtungsraum, und wird auf der der Eintrittsöffnung gegenüber liegenden Seite von einer sich konisch erweiternden Düse aufgefangen und ins Freie geleitet. In dieser Düse, in welcher um den Wasserstrahl noch genügend Raum zum Durchtritte der etwa vorhandenen Luft bleibt, ist die Erweiterung derart bemessen und gestaltet, dass der Wasserstrahl seine Geschwindigkeit allmählich verliert und in Druck umsetzt, der den Atmosphärendruck überwindet und den Austritt ins Freie ermöglicht. Sodann bringt man im Innern des Verdichtungsraums für den Wasserstrahl ein Führungsrohr an, welches dadurch eine mehrfache Dampfeinströmung gewährt und eine kräftige Verdichtung des Dampfes bewirkt, dass man es mit einer grösseren Anzahl schräger Bohrungen ver-

sieht, durch welche der Dampf in feinen Strahlen und schräger Richtung auf den Wasserstrahl stösst und damit zugleich dessen Geschwindigkeit vermehrt.

Einen einfachen Strahlkondensator dieser Art (*Körting*) zeigt Fig. 409. Der aus einem Stücke gegossene Kondensator C besitzt den Flansch D zum Eintritte des Dampfes, den Aufsatz A mit der Düse a zum Anschluss an die Kühlwasserleitung und den Fuss B mit der Auffangdüse f zum Austritte der Kondensationsprodukte. Das innere Führungsrohr b besitzt 10 Reihen schräg gebohrter Oeffnungen, durch welche der bei D einströmende Dampf auf den bei a einfliessenden Wasserstrahl stösst.

Bezeichnet man die zur Durchführung des beschriebenen Prozesses notwendige lebendige Kraft des Wassers wie üblich mit $m \frac{v^2}{2}$, so erkennt man, dass das Wasser zu diesem Zwecke eine gewisse Geschwindigkeit v besitzen muss, welche sich erfahrungsmässig auf mindestens 20 *m* in der Sekunde beläuft. Diese Geschwindigkeit kann dem Wasser entweder durch ein *Gefälle* oder durch die *Stosskraft* des zu kondensirenden Dampfes selbst erteilt werden, wodurch man zu den sog. *Gefällekondensatoren* und *selbstthätig saugenden Kondensatoren* gelangt.

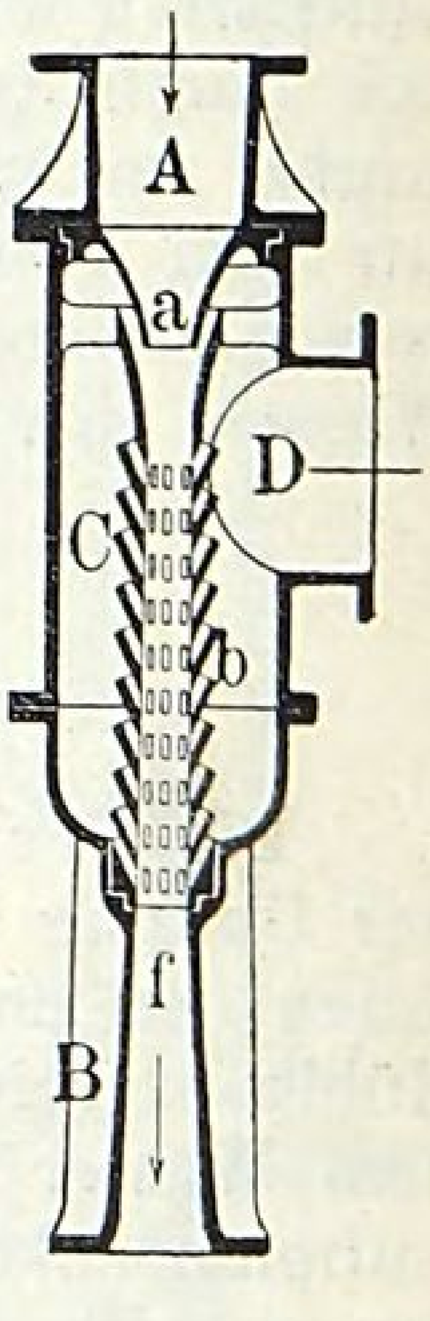


Fig. 409.

Bei den Gefällekondensatoren erzielt man die Geschwindigkeitszunahme durch eine entsprechende Druckhöhe oder Wassersäule und zwar genügt dazu im Durchschnitte ein Gefälle von 5 *m*, welches am besten vollständig über dem Apparate liegt, aber auch zum Teil (0,5 bis 1 *m*) unter demselben angebracht werden kann. Die Menge des Kühlwassers beträgt etwa das 25 fache Gewicht des Dampfes, wobei die grösste in Betracht kommende Dampfmenge zu berücksichtigen ist. — Da man mit diesem Kondensator eine Luftverdünnung bis 720 *mm* Quecksilbersäule (S. 152) leicht hervorzubringen vermag, so empfiehlt er sich besonders auch zur Erzeugung eines sog. Vakuums, wenn ein genügendes Wassergefälle (mindestens 4 *m*) zur Verfügung steht.

Statt des Wassergefälles lässt sich selbstverständlich auch gespannter Dampf zur Erzeugung der oben erwähnten notwendigen Geschwindigkeit des Wassers auch in der Weise benutzen, dass das Kühlwasser nach dem Prinzip des Injektors (S. 351) angesogen wird, wodurch der selbstthätig saugende Strahlkondensator entsteht, dessen Grundanordnung mit derjenigen des Gefällestrahlkondensators übereinstimmt, wenn der zu kondensirende, zugleich als bewegende Kraft dienende Dampf gleichmässig sowohl in Bezug auf Menge als Spannung einströmt. Sinkt z. B. die Dampfmenge unter eine gewisse Grenze, so wird sie die erforderliche Geschwindigkeitsvermehrung des Wasserstrahles, also auch das Hinausschaffen des Wassers nicht mehr zu bewirken vermögen, und damit der Kondensator den Dienst versagen. Um diesem vorzubeugen, ist der Apparat daher auf den geringsten Dampfverbrauch d. h. derart einzurichten, dass er bei dem voraussichtlich geringsten Dampfverbrauch noch thätig bleibt. Aus diesem Grunde ist die durch Fig. 409 vergegenwärtigte einfachste Anordnung nur zweckmässig verwendbar,

wenn eine nahezu gleichmässige Dampfzufuhr in den Kondensator in Aussicht steht.

Zur Anpassung an einen wechselnden Betrieb dient der in Fig. 410 dargestellte sog. Universal-Strahlkondensator (Körting), bei welchem eine Veränderung der Dampfeinströmungsöffnungen in dem Führungsrohr b als das Regulirmittel bildet. Zu dem Zwecke ist die Aufnahmedüse f als besonderes Stück und in der Verdichtungsdüse b verschiebbar angeordnet, so dass sie je nach ihre Stellung sämmtliche Löcher frei lässt oder reihenweise wie ein Absperrschieber bedeckt. Die Verschiebung der Düse f erfolgt durch einen Handhebel h, der auf den im Innern des dreieckigen Gehäuses B angebrachten, die Düse mit einer Gabel umfassenden Hebel n einwirkt, und nach einem Teilbogen t t auf eine bestimmte Zahl der Löcherreihen eingestellt werden kann. — Bei diesem Kondensator strömt der zu verdichtende Dampf durch den Stutzen D ein, indem er das Kühlwasser durch die Düse a aus dem mit dem Wasserbehälter in Verbindung stehenden Mundstück A nachsaugt. Ausserdem ist noch ein Seitenstutzen E angebracht, der im Bedürfnisfalle die Zuführung auch frischen Dampfes aus dem Dampferzeuger oder von Gefällwasser gestattet.

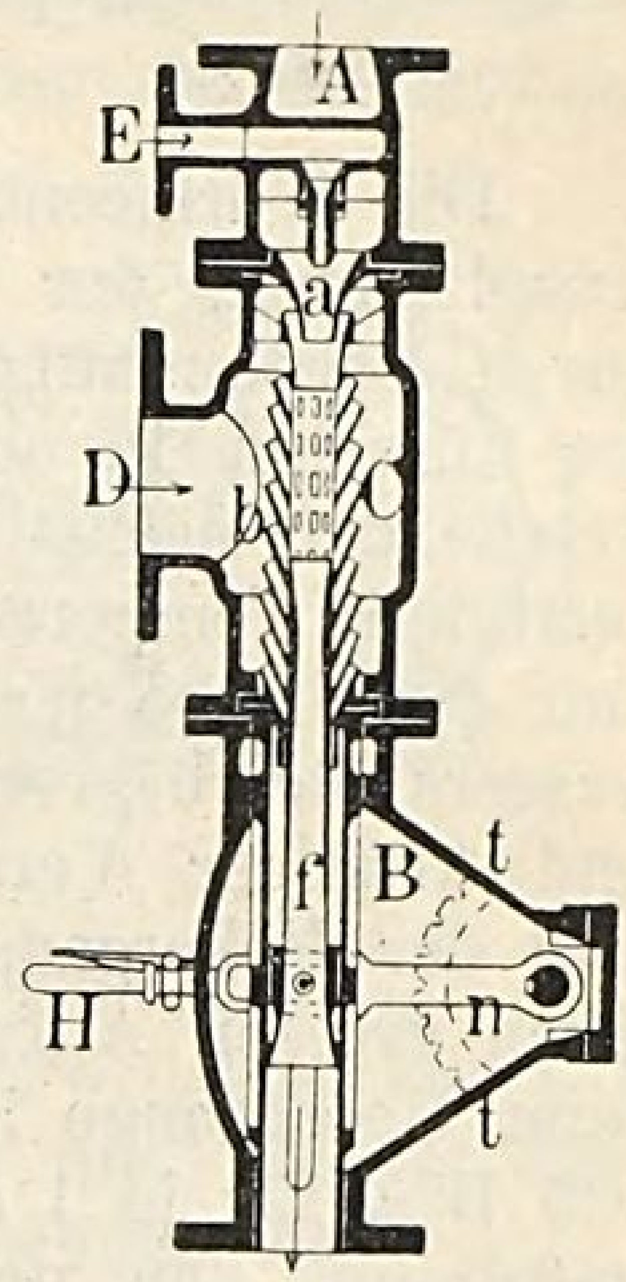


Fig. 410.

Versuche mit diesem Kondensator bei Aufstellung desselben in der Höhe des Zulaufwasserspiegels, einer Wassertemperatur von 10 bis 11 °, zur Bestimmung der Vakuumgrösse und der Erwärmung des Kondensationswassers, lieferten folgende Ergebnisse mit frischem gedrosseltem Dampf:

Geöffnete Löcherreihen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Höchste Luftleere . . .	645	680	690	700	710	710	715	715	715	725 *mm* Quecksilbersäule
Zugehörige Erwärmung	3	4,3	5	5,5	6,1	6,9	7,4	8,8	9,9	11,7 ° C.
Erwärmung bei 600 *mm*	4	9,6	12,4	15,2	21,8	27,3	34,5	34,8	37,5	41,6 ° C.

II. Oberflächenkondensatoren.

Den Mischkondensatoren stehen die Oberflächenkondensatoren insofern gegenüber, als diese dadurch wirken, dass die zu verdichtenden Dämpfe mit kühl gehaltenen festen Körpern in Berührung und unter Erwärmung der letzteren zur Abkühlung und Verdichtung gebracht werden. — Um die Wärmeabgabe zu begünstigen, wählt man als Material zu den Kühlkörpern möglichst gute Wärmeleiter, also Metall, und als Form derselben diejenige, welche grosse Flächen darbietet und die Anwendung dünner Wände gestattet, weil diese den Durchgang der Wärme beschleunigen. Allgemein gebräuchlich sind daher als Formen Röhren und Platten, die an einer Seite von dem kühlenden Mittel (Wasser, Luft etc.), an der anderen Seite von dem abzukühlenden Dampf bestrichen werden, wobei es unwesentlich ist, ob bei Röhrenkondensatoren die Röhren dem Dampf oder dem Kühlwasser die Innen- oder Aussenflächen darbieten.

Die Abkühlung oder das Kühlhalten der Kühlkörper kann entweder erfolgen:

1. Durch Bespülung der Gegenseite, also unter Erwärmung des Kühlwassers und
2. durch Betröpfelung der Gegenseite, also unter Verdunstung des Kühlwassers.

Die Wärmeentziehung durch Bespülung beruht auf der unmittelbaren Ausgleichung der Temperaturen durch Mitteilung; die Wärmeentziehung durch Verdunstung auf dem mit der Aenderung der Aggregatform, von der flüssigen in die dampfförmige, verbundenen Verbrauch an Wärme, welche den nächstliegenden Körpern entzogen wird, so dass diese eine bestimmte Temperaturerniedrigung erfahren. Während demgemäss im ersten Fall die Grösse der Temperaturerniedrigung durch die Temperatur des Kühlwassers etc. begrenzt ist, erlaubt im zweiten Fall der Vorgang bei rascher und kräftiger Verdunstung viel weitergehende Temperaturerniedrigungen, weil der Uebergang von flüssigen Körpern in die Gasform in der Regel einen grossen Aufwand von Wärme erfordert. — Das Wasser z. B. bindet beim Uebergange in den Dampfzustand bei mittlerer Lufttemperatur etwa 600 *WE* für je 1 *kg*, welche, wenn die Verdampfung ohne Wärmezufuhr stattfindet, den umgebenden Körpern entzogen wird und dieselben daher um dieses Maass um so schneller abkühlt, je rascher sie erfolgt. — Für mittlere Verhältnisse ist der Kühlwasserbedarf etwa dreimal so gross, als bei den Einspritzkondensatoren.

Da die Oberflächenkondensatoren bezüglich ihrer Wirkung den Einspritzkondensatoren nachstehen, so finden sie im allgemeinen nur da Verwendung, wo die zu kondensirende Substanz mit der Kühlflüssigkeit nicht zusammenkommen darf.

In erster Linie dienen sie daher zur Verdichtung der Destillationsprodukte (Wasser, Spiritus, Benzol, Aether etc).

Sie bestehen dann dem Wesen nach in der Regel aus einem cylindrischen oder fassähnlichen Behälter (Kühlfass), das mit kaltem Wasser gefüllt ist, und in dem sich ein Schlangenrohr von der Form Fig. 390 S. 443 befindet, welches mit dem oberen Ende an den Destillirapparat (Blase), mit dem unteren an das Auffanggefäss (Vorlage) angeschlossen ist. Um hierbei das Wasser im Kühlfass auf der genügend niedrigen Temperatur zu erhalten, muss man für ein gleichmässiges Ablaufen des erwärmten und Zulaufen kalten Wassers dadurch Sorge tragen, dass man den oberen Teil des Kühlgefässes mit einem Ablaufrohre versieht und den unteren Teil mit einer Wasserleitung in Verbindung bringt, so dass das Kühlwasser sich dem Dampf nach dem Prinzip des Gegenstromes entgegen bewegt.

Die Grundlage der Oberflächenkondensatoren stimmt mit derjenigen der Oberflächenvorwärmer so vollständig überein, dass der in Fig. 344 S. 346 dargestellte Röhrenvorwärmer zugleich als vertikaler Röhrenkondensator gelten kann. — Ein bewährter liegender Röhrenkondensator ist durch Fig. 411 im Längs- und Querschnitte vor Augen geführt. Ein cylindrischer Kessel A A, der durch zwei Deckel D D an beiden Enden abgeschlossen ist, besitzt im Innern zwei eingesetzte mittels einer Zugstange s mit Schraube

gehaltene Querwände q, q zur Aufnahme eines Röhrenbündels, dessen Röhren unter den Deckeln frei ausmünden, also die Endräume des Kessels mit einander verbinden. Durch den Stutzen a tritt das Kühlwasser in den Kessel, durchzieht die Röhren und verlässt den Kessel durch den Stutzen b. Der Dampf gelangt durch den Stutzen d in den inneren Kondensatorraum C, umströmt die Röhren, kondensirt sich und wird als kondensirtes Wasser mit der vorhandenen Luft durch den Stutzen c von der Luftpumpe weggeschafft. — Zur Befestigung und Dichtung der Röhren dienen ausser der üblichen S. 91 beschriebenen Art, sowie der Verschraubungen mit Muffen (S. 90) und Kautschuk-, Hanf- etc. Einlagen, mit besonderem Vorteil Büchsen aus hartem, trockenem Fichtenholz gedreht, die nach Wegnahme der Deckel D D um die Röhren so eingeschlagen werden, dass sie auf beiden Seiten vorstehen. Indem sie dann durch Dampf und Wasser aufquillen, liefern sie eine ebenso sichere als dauerhafte Verbindung.

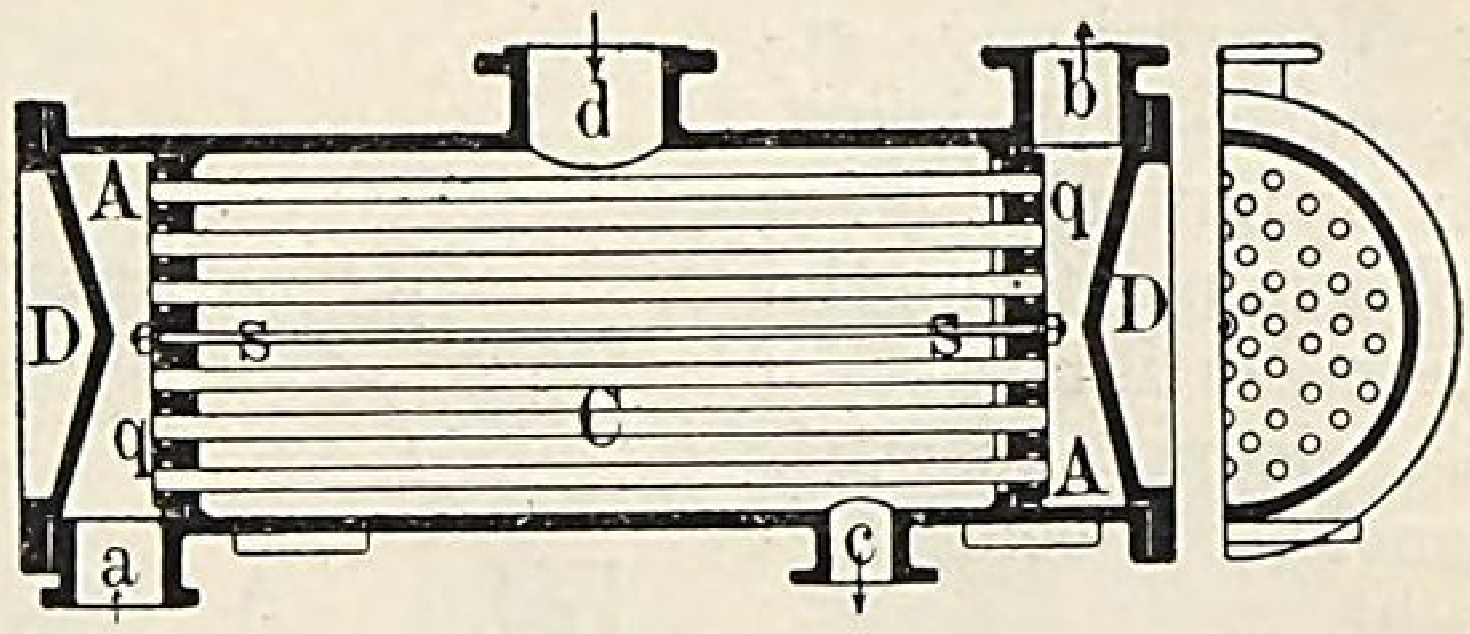


Fig. 411.

Die Oberflächenkondensatoren mit Platten bestehen wesentlich aus einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Zellen, welche dadurch gebildet werden, dass man Eisenblechplatten in kleinen Abständen neben einander aufstellt und die Zwischenräume in der Weise abwechselnd mit einander in Verbindung bringt, dass die Platten nach dem Gegenstromprinzip an einer Seite von Dampf und an der anderen von kaltem Wasser bespült werden. — Zur Vergrösserung der Oberflächen empfiehlt sich die Verwendung von Wellblech. — Ein besonderer, hierher gehörender Oberflächenkondensator nach dem Zellensysteme (Klein) stimmt mit dem S. 292 beschriebenen Zellenvorwärmer überein, und hat vielfach Verwendung bei den sog. Vakuum-Verdampfapparaten zur Bildung der Luftleere und zwar mit Benutzung von gewellten gusseisernen Hohlplatten mit zwei Hohlräumen von nebenstehender Form gefunden, wovon der eine von Kühlwasser, der andere von Dampf durchzogen wird.



Die Einrichtung eines Oberflächenkondensators für Destillations- und Abdampfzwecke richtet sich selbstverständlich nach den Stoffen, deren Verdampfung und Kondensirung beabsichtigt wird, und ist demnach sehr verschieden, sehr oft nur aus den oben S. 464 erwähnten einfachen Teilen zusammengesetzt. In vielen Fällen ist es besonders wichtig, die Destillation bei möglichst gleichbleibender, niedriger Temperatur auszuführen, weshalb man auch bei solchen Destillationsapparaten mitunter von Oel- oder Wasser-Bädern Gebrauch macht.

Eine vollkommene Destillationsvorrichtung dieser Art (Heckmann) geht aus Fig. 412 hervor. Die Destillationsblase A ist cylindrisch und oben mit einer Halbkugel (Helm) abgeschlossen, der den Hals a aufnimmt und mittels Klappschrauben auf der Blase befestigt wird, um leicht abgenommen werden zu können. Der untere Abschluss besteht in einem Doppelboden mit der Dampfschlange k, die sich bei r mittels eines Ventil-

gehäuses mit Absperrventil an die Dampfleitung anschliesst. In dem inneren Raum des Doppelbodens befindet sich eine beliebige Flüssigkeit (Wasser, Glycerin, Oel etc.), welche durch die Dampfschlange auf die gewünschte Temperatur gebracht und durch das Ventil r auf dieser Temperatur erhalten werden kann. Das Gefäss E steht als Ausdehnungsgefäss oben und unten durch f mit Hahn n mit dem Raum k in Verbindung, während der Hahn o zum Ablassen des Inhalts dient. Ferner ist noch an der mittels Flanschen auf Stützen ruhenden Blase bei e ein Hahnverschluss zum Einsaugen der zur Verarbeitung gelangenden Flüssigkeit, bei v ein Lufthahn, bei m ein Vakuummeter und im Innern ein Rührwerk u mit einem auswärts sitzenden Hebel angebracht.

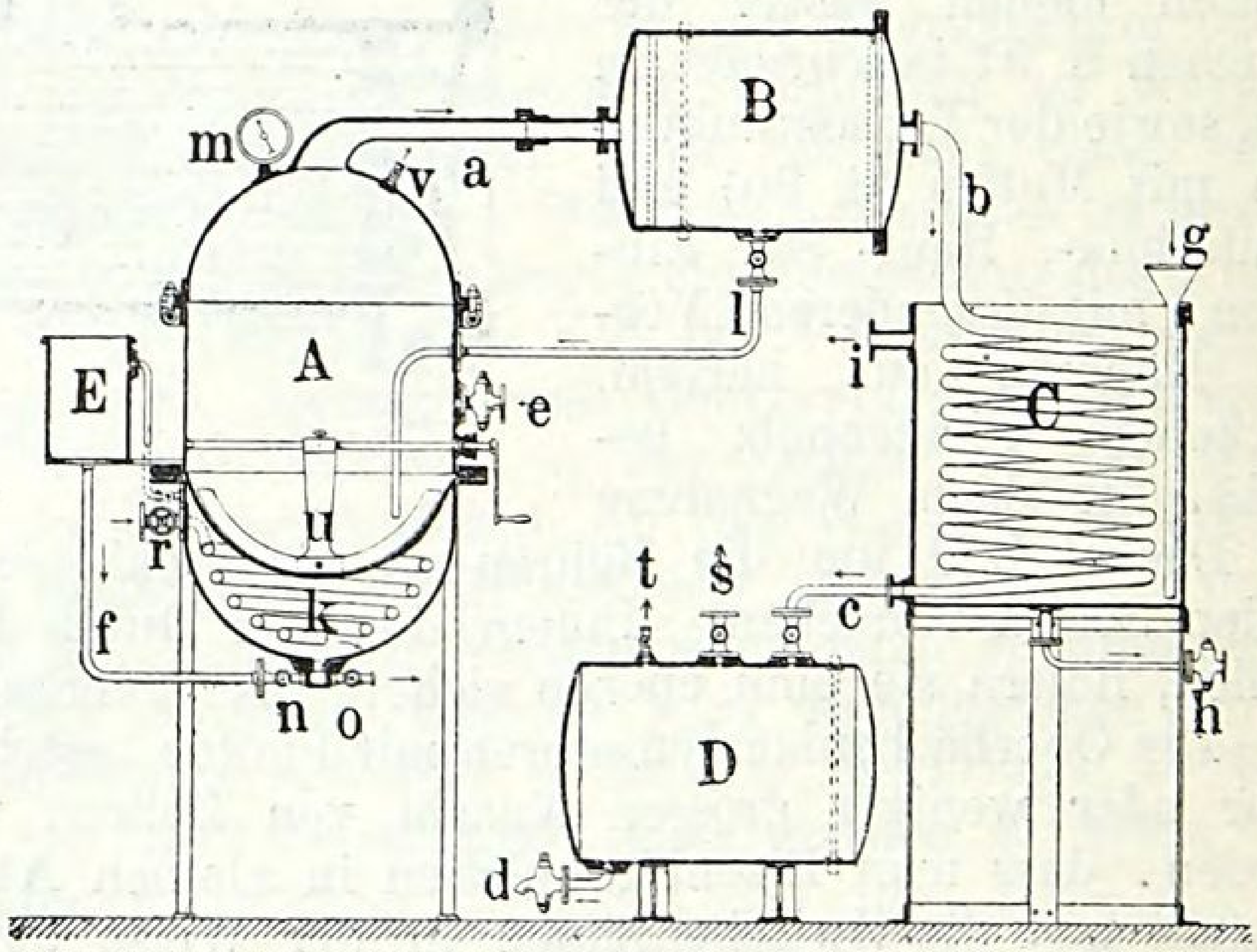


Fig. 412.

Die durch die Wärme abgetriebene Flüssigkeit gelangt zunächst durch den Hals a in das Gefäss B (A b s c h e i d e r), in welchem sich durch eingesetzte Siebe und Verlangsamung der Bewegung etwa mitgerissene Tropfen abscheiden, um durch das Rohr l in die Blase zurückzulaufen. Das Rohr b führt das Destillat sodann in die Kühlschlange des Kondensators C, in welchem sich die Dämpfe abkühlen und verdichten, um zuletzt durch das Rohr c in das Sammelgefäss D zu laufen, dem es durch den Hahn d entnommen wird.

Die Kühlung in dem Kondensator C erfolgt durch kaltes Wasser, welches bei g ein- und bei i ausläuft, sowie bei h abgelassen werden kann. Zur Hervorbringung eines Vakuums in A genügt oft die in C stattfindende Kondensation. Wenn diese nicht ausreicht, tritt eine Luftpumpe in Thätigkeit, welche mittels des Hahnstutzens s an das Sammelgefäss D angeschlossen ist, das ausserdem noch einen Lufthahn t besitzen muss, der beim Ablassen zu öffnen ist. — Da mit diesem Apparate sowohl unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke als auch im Vakuum, mit Heizdampf allein oder mit Heizflüssigkeit bei beliebiger Temperatur destillirt oder abgedampft werden kann, so ist derselbe der vielseitigsten Verwendung fähig.

Viele Flüssigkeiten, besonders solche organischen Ursprungs (Milch, Gelatine, Leim u. s. w.), welche zu grösserer Konzentration eingedampft werden müssen, sind im luftverdünnten Raum einzudicken, weil nur in diesem Fall die Verdampfung bei sehr niedriger Temperatur geschehen kann. Da aber das Heizmittel (offenes Feuer, gespannter Dampf, Abdampf) immer eine erheblich höhere Temperatur haben muss, als die zu verdampfende Flüssigkeit, und weil die Temperatur des Heizmittels in allen genannten Fällen mehr als 100 ° C. beträgt, so werden die heizenden Flächen

und die von ihnen berührten Teile stets wenigstens 100° C. warm und erhalten somit eine Temperatur, welche für viele organische Stoffe zu hoch ist und das Anbrennen, sowie Zersetzen derselben zur Folge hat.

Diesem Uebelstande soll der in Fig. 413 skizzirte Apparat (Heckmann) abhelfen. Bei demselben ist das Heizmittel Dampf, dessen Temperatur nur einige wenige Grade höher zu sein braucht, als die Temperatur der zu verdampfenden Flüssigkeit, und stets unterhalb derjenigen Temperatur erhalten werden kann, bei welcher die zu verdampfende Flüssigkeit einer Veränderung ausgesetzt ist.

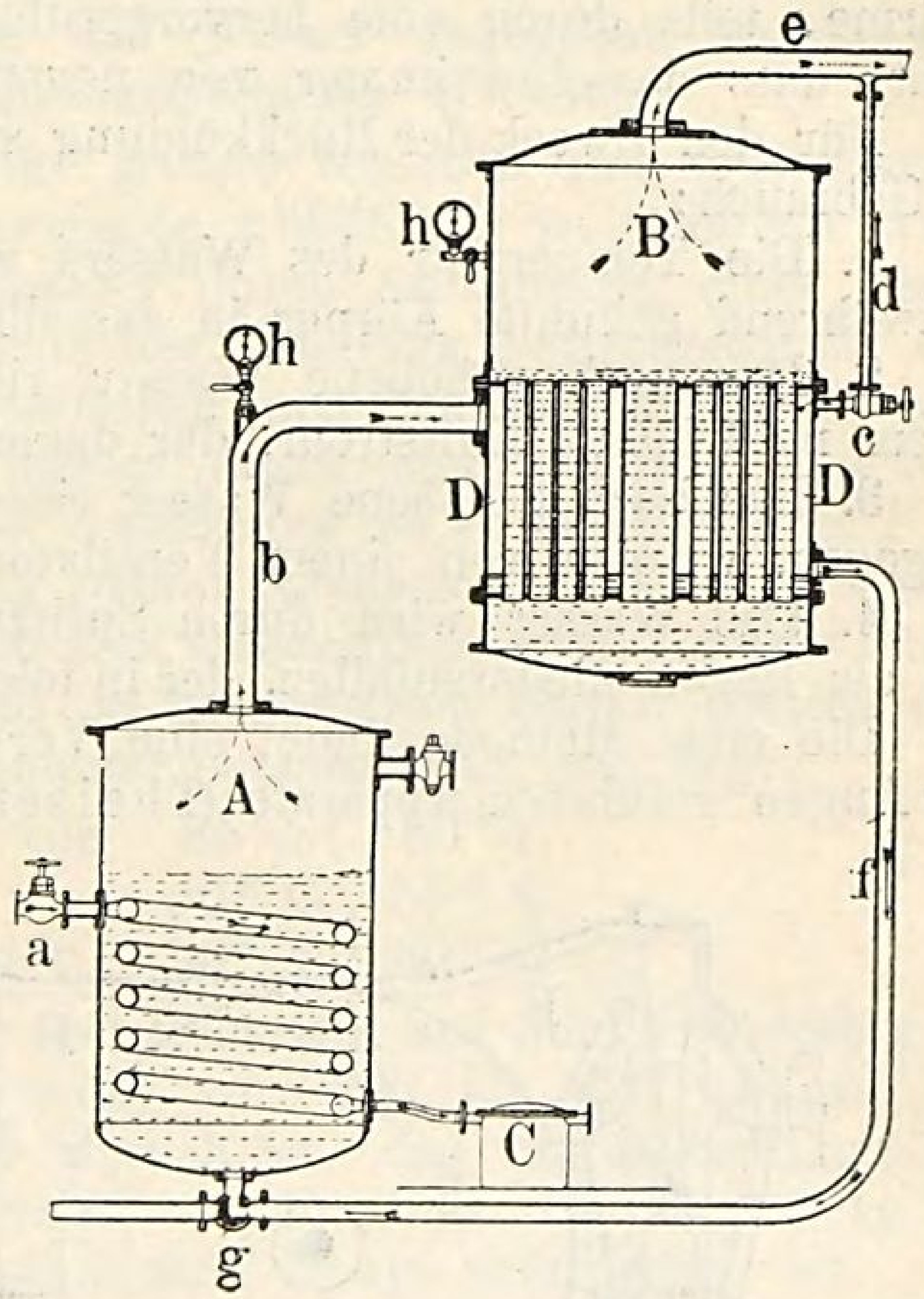


Fig. 413.

In dem beliebig gestalteten Gefässe A, welches zum Teil mit Wasser gefüllt ist, ist eine Dampfschlange angeordnet, in welche durch das Ventil a beliebig hoch gespannter Dampf eingelassen wird, der aus der Schlange in den Topf C und von diesem ins Freie etc. gelangt. Die sich aus dem Gefässe A entwickelnden Dämpfe treten durch das Rohr b in die Heizkammer D des zur Konzentration benutzten Verdampfapparates B, welcher selbst irgend welche Gestalt haben kann. Im vorliegenden Fall ist ein Verdampfungskörper mit vertikalen Röhren gezeichnet. Die Dampfkammer ist durch das Ventil c und das Rohr d mit dem Rohre e verbunden, welches zu einer Luftpumpe führt. Durch Oeffnen dieses Ventils wird zunächst alle Luft, welche in dem Gefässe A und in der Dampfkammer D sich befindet, abgesaugt und hierauf das Ventil c geschlossen. Der Verdampfapparat B wird durch dieselbe Pumpe evakuirt. Die aus A steigenden Dämpfe erwärmen die in B befindliche Flüssigkeit, kondensiren sich und treten durch das Rohr f und den Hahn g wieder in das Gefäss A zurück, auf diese Weise einen Kreislauf beschreibend. Durch das richtige Einstellen des Ventils a ist man leicht im Stande, die Dampfspannung und damit die Temperatur der aus A austretenden Dämpfe auf einer beliebigen Höhe zu halten, welche an den Vakuummetern h immer sichtbar ist. Wenn z. B. in B durch den verminderten Druck die Siedetemperatur auf 50° C. gehalten wird, so kann man leicht die Temperatur des aus A tretenden Dampfes auf jeder Höhe zwischen 50 bis 100° C. halten und erreicht — wie längere Versuche ergeben haben — im Gefässe B eine sehr vorteilhafte Verdampfung.

Die Anwendung einer erfolgreichen Kondensation hängt natürlich von dem Vorhandensein einer genügenden Menge Kühlwasser (20 bis 25 fache des zu kondensirenden Dampfes) ab, und wird oft deshalb in Frage gestellt, weil die erforderliche Wassermenge nicht zur Verfügung steht. In diesem Fall liegt es nahe, Einrichtungen zu treffen, welche es ermöglichen, das

vorhandene Kühlwasser dadurch wiederholt zur Verwendung zu bringen, dass dasselbe ununterbrochen einer Abkühlung unterworfen wird. Dadurch sind die Kondensationsanordnungen entstanden, welche man als Rückkühlanlagen bezeichnet, und sowohl mit Einspritz- als Oberflächenkondensatoren verbindet.

Sie beruhen grösstenteils darauf, dass man das warmgewordene Kühlwasser einem Luftstrom aussetzt, der demselben teils durch Aufnahme von Wärme, teils durch eine hervorgerufene Verdunstung soviel Wärme entzieht, dass dasselbe immer von neuem zur Kondensation geeignet wird.

Für den Zweck der Rückkühlung stehen wesentlich folgende Methoden in Gebrauch:

1. Die Temperatur des Wassers wird dadurch erniedrigt, dass man fortwährend gekühlte Körper in dasselbe eintaucht.

2. Das hoch gehobene Wasser rieselt vertikal nieder und begegnet einem natürlichen Luftstrom, der dasselbe auf die Lufttemperatur abkühlt.

3. Das hoch gehobene Wasser rieselt abwärts einem starken Luftstrom entgegen, welcher von einem Ventilator ausgeht.

4. Das Wasser wird durch Spritzvorrichtungen in die Luft gespritzt, um als Regen niederzufallen, der in teichartigen Behältern aufgefangen wird.

Die erste Methode findet eine Verwirklichung in dem durch Fig. 414 vor Augen geführten Apparate (Theisen). In einem überall geschlossenen

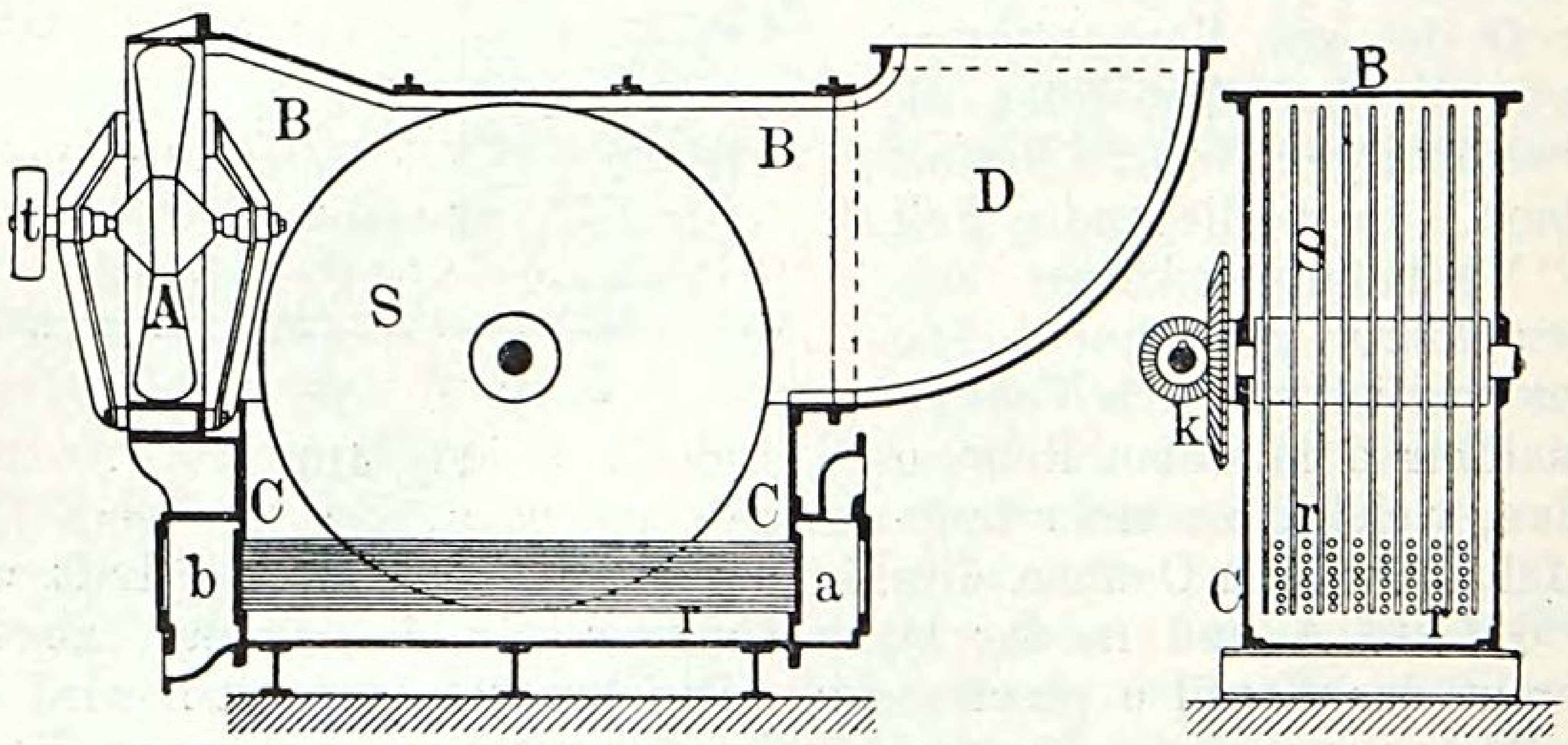


Fig. 414.

Kasten aus Eisenblech befinden sich zwei Abteilungen B und C. Die Abteilung C bildet den Kondensator und besteht aus einem viereckigen Raum, der mit Kühlwasser gefüllt und an den Enden mit zwei Kammern a und b abgeschlossen ist. Beide Kammern stehen durch eine grosse Anzahl dünnwandiger horizontaler Röhren r in Verbindung, welche bündelweise in vertikalen Reihen liegen, so dass zwischen den einzelnen Bündeln Zwischenräume bleiben, in welche runde Eisenblechscheiben S von oben her eingehängt werden. Der zu kondensirende Dampf tritt in die Kammer a ein, passirt die kalt gehaltenen Röhren und verlässt den Kondensator durch die Kammer b, an welche zu dem Zwecke eine nasse Luftpumpe angeschlossen ist.

Die Abteilung B dient zur Aufnahme einer grossen Anzahl verzinkter Eisenblechscheiben S, welche auf einer gemeinschaftlichen Welle sitzen und

mit der unteren Hälfte zwischen den Röhrenreihen in das Kühlwasser des Kondensators C eintreten, sowie mittels eines Kegelrades k in Umdrehung versetzt werden. Bei dieser Umdrehung benetzen sich die Oberflächen der Scheiben mit einer äusserst dünnen Schicht von Wasser, das nun in dem oberen Teile des Raums B verdunstet und den Scheiben Wärme entzieht. Tauchen diese darauf mit den gekühlten Stellen wieder in das Wasser, so nehmen sie bei richtigen Abmessungen dieselbe Wärme auf, welche von dem zu kondensirenden Dampf an das Wasser abgegeben wurde und befähigen damit das letztere zur ununterbrochenen Wirkung.

Wenn zwar bei Anwendung sehr grosser Scheiben und eines starken natürlichen Luftzuges wohl eine genügende Abkühlung zu erreichen wäre, so zieht man doch vor, die Verdunstung durch Anbringung eines Ventilators A zu beschleunigen, der am Ende der Abteilung B angebracht ist und Wind auf die Scheiben bläst, der zwischen den Scheiben hindurch geht, Wasserdampf aufnimmt und mit diesem durch den Abzug D aus dem Kondensator entweicht. Durch diese Anordnung ist es möglich, dass 1 *qm* Kondensfläche in der Stunde 60 *kg* Dampf kondensirt und ein Vakuum von 80 bis 85 Prozent (570 bis 600 *mm* Quecksilbersäule) gebildet wird. Die Temperaturen im Kühlwasser und im kondensirten Wasser stellten sich nach Beobachtungen, der Luftverdünnung entsprechend, wie folgt:

bei einem Vakuum von	85 %;	80 %
Kühlwasser	50° C.;	55° C.
Kondensirtes Wasser .	56° C.;	60° C.

In Wirklichkeit stellt sich auch mit Rücksicht auf den Kraftverbrauch bei dieser Anlage eine Luftverdünnung von 600 bis 620 *mm* als die günstigste heraus, wobei es nur erforderlich ist, das verdunstete, mit der Luft fortgetragene Wasser zu ergänzen, wovon etwa 0,8 bis 1,0 *kg* für 1 *kg* Dampf, also etwa $^1/_{25}$ der gewöhnlichen Menge erforderlich ist.

Zur Durchführung der 2. und 3. Methode hat man sich an das sog. Gradirwerk der Salinen angelehnt, welches bekanntlich aus hohen Dornenwänden besteht, längs welcher die Salzsoole von oben her heruntertropft, um durch Verdunsten des Wassers infolge der Luftbewegung gehaltvoller zu werden. Nur pflegt man statt der Dornwände vertikal aufgestellte Bretter zu verwenden, an welchen man das Wasser in sehr dünnen Schichten herunterrieseln lässt. Indem durch die Erwärmung der Luft zwischen den Bretterwänden eine natürliche Luftbewegung entsteht, welche eine entsprechende Verdunstung mit Abkühlung bewirkt, ist es möglich, bei genügend grosser Wand- oder Verdunstungsfläche auch ohne Ventilator den gewünschten Erfolg zu erzielen. Gewöhnlich wird jedoch ein Ventilator zu Hilfe genommen und dadurch ist die in Fig. 415 skizzirte Rückkühlanlage (Klein) entstanden.

Der Hauptsache nach besteht diese Anlage aus den Holzwänden B und C, dem Ventilator A, dem Sammelbehälter E, in Verbindung mit dem Kondensator F. In dem Kondensator F gelangt der zu verdichtende Dampf durch das Rohr d und das Einspritzwasser durch das Rohr e aus dem Kühlwasserbehälter E vermittelst einer Pumpe. Eine nasse Luftpumpe fördert sodann das Gemisch von Luft, Dampf und Wasser durch das Rohr a a in den etwa 6 *m* hoch liegenden Verteilungskasten c c. In diesem Kasten befinden sich so viel Röhrchen eingeschraubt, als Kühlflächen an den Holz-

wänden in B vorhanden sind. Aus diesen Röhren läuft das Wasser in gezackte Rinnen, welche der Länge nach auf den oberen Rändern der Bretter derart angebracht sind, dass von ihnen aus das Wasser sich über die Kühlflächen C sehr gleichmässig verteilt und an denselben hinunterrieselt. Durch ähnliche Zacken und Rinnen an den unteren Rändern der Bretter C wird das Wasser den Kühlflächen der Bretter B zugeführt, welche gegen die oberen um 90° verdreht angeordnet sind, um das Eindringen der Luft durch eine Richtungsänderung zu fördern. Aus dem Kühlturm C B läuft das gekühlte Wasser in den Sammelbehälter E. Mittels des Ventilators A, dessen Antrieb durch den Riemen r von der Welle w der Speisepumpe P aus der Skizze ohne weiteres zu erkennen ist, wird mit einer Geschwindigkeit von 6,5 *m* Luft in den Turm C B, also dem fein verteilten Wasser entgegen geblasen, deren Wirkung sich zusammensetzt aus direkter Wärmeentziehung und starker Verdunstung, und eine durchschnittliche Abkühlung auf 32° C. erzielt.

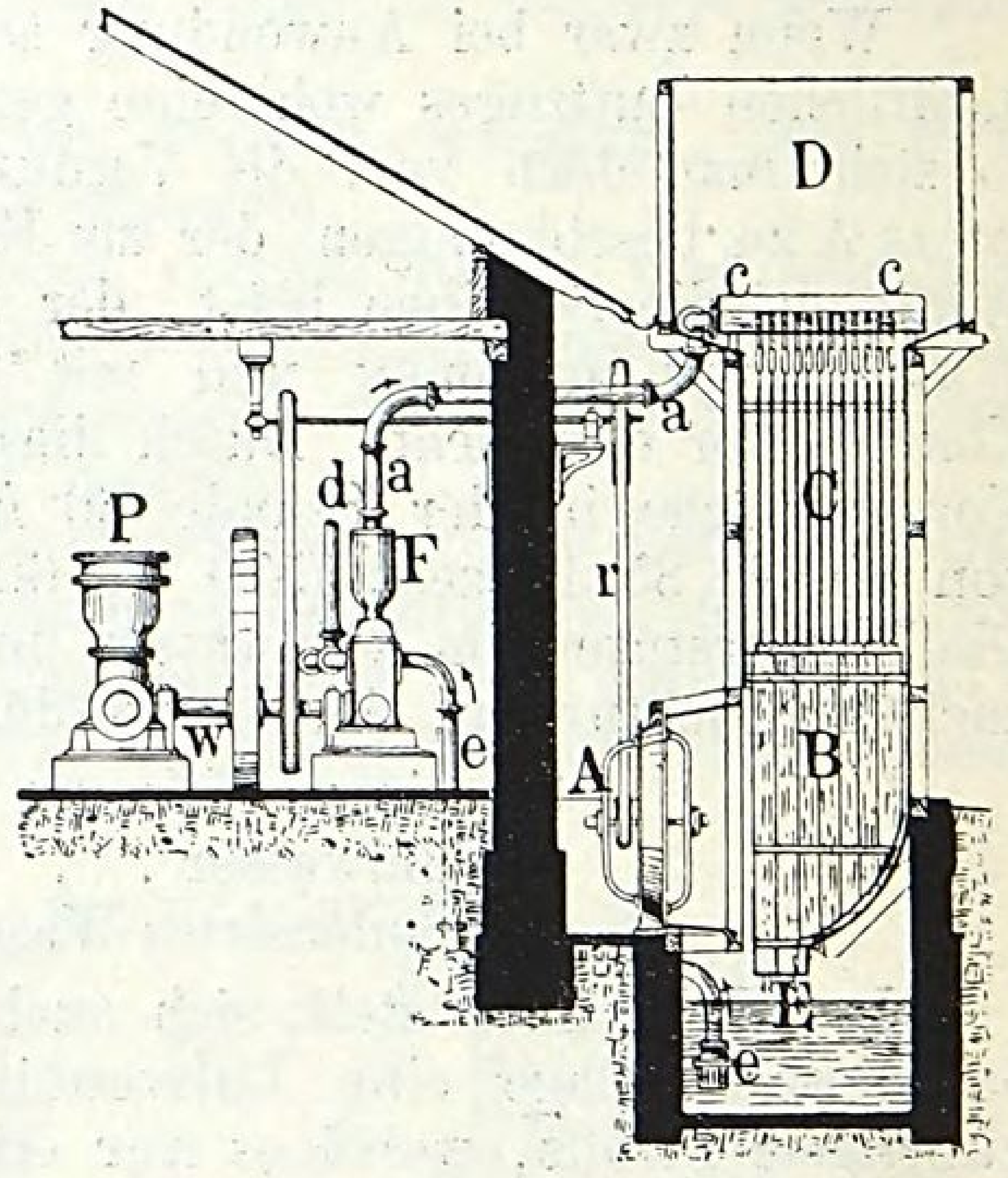


Fig. 415.

Um die Abkühlung nach der vierten Methode zu bewerkstelligen, lässt man das warme Wasser unter einem Drucke von 8 bis 10 *m* Wassersäule, senkrecht aufwärts frei in die Luft strömen und zwar möglichst fein verteilt mit Hilfe der Streudüsen (Fig. 401 S. 456). Hierbei nimmt dasselbe nahezu die Temperatur der umgebenden Luft an, wird als Regen auf entsprechend grossen Flächen (Bassins) aufgefangen und dann dem Sammelbehälter zugeleitet. Für je eine Streudüse von 15 *mm* Durchmesser rechnet man 5 bis 6 *qm* Auffangfläche. — Ist bei einer Anlage dieser Art durch die Oertlichkeit ein erheblicher Wasserverlust (infolge Stosswinde etc.) zu gewärtigen, so stellt man zweckmässig über jede Streudüse einen Kühlturm auf. Hierunter versteht man einen 4 bis 5 *m* hohen vierseitigen, hohlen Obelisken, dessen vier Seiten aus je 25 bis 30 schmalen Brettern hergestellt sind, die, etwa 9 *cm* von einander entfernt befestigt, jalousienartige Fächer bilden, gegen welche das Wasser spritzt. Indem der Luftzutritt zu dem Wasser durch diese Fächer stattfindet, tropft das niederfallende Wasser an den äusseren Kanten der Fächerbretter nieder und läuft durch eine an das untere Brett angeschlossene Rinne in den Sammelbehälter.

Da das Maass der Verdunstung natürlich auch hier von der Menge des Dampfes abhängt, welche die umgebende Luft noch aufzunehmen vermag, also der Grad der Kühlung desgleichen von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft abhängig, d. h. je trockener die Luft, um so grösser die Neigung des Wassers zu verdampfen ist, so folgt daraus, dass die Wirkung dieser Kühlanlagen in erster Linie von der Trockenheit der Luft bedingt wird. Ausserdem spielt die Luftwärme hierbei eine Rolle, indem bei

gleichem relativen Sättigungsgrade die Luft um so mehr Feuchtigkeit aufnimmt, also verdunstet, um so wärmer sie ist. Demnach ist auch die relative Abkühlung des Wassers in wärmerer Luft grösser als in kälterer, wodurch unter Umständen an warmen Tagen das Wasser sich mehr abkühlt, als an kühlen Tagen und bei schwülem Wetter und wassergesättigter Luft die Kühlung durch Verdunstung ganz aufhört. Die mit Streudüsen ausgeführten Kühlanlagen haben denn auch ergeben, dass das Wasser bei warmer, trockener Luft auf die Lufttemperatur, bei warmer, mitteltrockener Luft auf 3 bis 4 °, bei kühler, feuchter Luft auf 8 bis 9 ° über die Luftwärme abgekühlt wird.

Dritter Teil.

Kraftmaschinen.

In der Mechanik bezeichnet man mit Kraft die Ursache von Bewegungsänderungen sowohl in Grösse als Richtung und mit Motoren oder Kraftträgern diejenigen Stoffe, welche mit solchen Kräften begabt sind.

Finden die Bewegungen unter gleichzeitiger Ueberwindung von Widerständen (Reibung, Formänderung von Körpern etc.) statt, so verrichten die Kräfte mechanische Arbeit oder kurzweg Arbeit, weshalb die Motoren auch als Stoffe anzusehen sind, welche Arbeitsvermögen (Energie) besitzen.

Von den in der Natur vorhandenen verschiedenen Formen von Arbeitsvermögen finden nur diejenigen in erster Linie für technische Zwecke Verwendung, welche am reichlichsten zur Verfügung stehen und am leichtesten für die technischen Verrichtungen nutzbar zu machen sind. Da diesen Bedingungen am meisten das Arbeitsvermögen des Wassers, der atmosphärischen Luft, das chemisch gebundene Arbeitsvermögen der Brennstoffe (in der beim Verbrennen entstehenden Wärme), sowie der lebenden Wesen (Muskelkraft) entspricht, so kommt für die Technik hauptsächlich das Arbeitsvermögen dieser Kraftträger in Betracht.

Zur Gewinnung eines natürlichen Arbeitsvermögens dienen Hilfsmittel, welche derart eingerichtet sind, dass sie das Arbeitsvermögen fassen und in der Weise umwandeln, dass es sich der jedesmaligen Benutzungsform anpasst. Diese Hilfsmittel sind Maschinen, welche ihrer Bestimmung und Aufgabe gemäss den Namen Kraftmaschinen (Motoren) oder Betriebsmaschinen führen und ihre natürliche Einteilung nach den Motoren finden, so dass man unterscheidet:

1. Wasserkraftmaschinen (hydraulische Motoren),
2. Windkraftmaschinen,
3. Wärmekraftmaschinen,
4. Muskelkraftmaschinen (lebendige, belebte Motoren).

Die genannten Kraftquellen bieten bezüglich ihrer Verwendbarkeit für technische Arbeiten eine grosse Verschiedenheit dar.

Die Ausnutzung der Wasserkraft setzt im allgemeinen eine geringe örtliche Entfernung zwischen der Kraftquelle und der Stelle voraus, an welcher die Arbeit verrichtet werden soll. Sie wird daher wesentlich durch den Umstand beschränkt, dass der grösste Teil der Wasserkraftquellen entweder fast ganz unzugängig (Gebirgströme) oder doch derart gelegen

und über das Land spärlich und unregelmässig verbreitet ist, dass eine direkte Ausnutzung nur in weit zerstreut liegenden Betriebsanlagen und dadurch in oft sehr unzweckmässiger Weise möglich ist.

Das Arbeitsvermögen des Windes oder der bewegten Luft ist deshalb für die Technik von geringer Bedeutung, weil es je nach dem Grade der Luft-Bewegung, zwischen Windstille und Sturm, klein oder gross, jedenfalls sehr unregelmässig und unzuverlässig auftritt und die Grundlage eines regelmässigen Betriebes nicht bilden kann.

Noch weniger ist die Muskelkraft der Menschen und Thiere für die Zwecke der industriellen Technik als Kraftquelle verwendbar, da für jede mechanische Arbeitsleistung aus nahe liegenden Gründen sehr bald die Grenze der Möglichkeit und damit der Tauglichkeit erreicht wird.

Aussergewöhnlich günstig dahingegen liegen die Verhältnisse bezüglich der Benutzung des in der Wärme dargebotenen Arbeitsvermögens aus dem Grunde, weil die Kraftquelle in Stoffen (Brennstoffen) verborgen ist, die leicht an den Ort verbracht werden können, wo man das Arbeitsvermögen nutzbar verwerten will und weil demgemäss weder die Auswahl des Ortes noch die Grösse des Arbeitsvermögens einer Beschränkung unterworfen ist. Hieraus erklärt sich auch das Uebergewicht derjenigen Kraftmaschinen, welche auf dem Arbeitsvermögen der Wärme beruhen und ihren Hauptvertreter in der Dampfmaschine besitzen, weshalb den Wärmemaschinen der erste Platz gebührt.

Das von der Natur dargebotene und von den Kraftmaschinen gefasste Arbeitsvermögen tritt nicht nur in mehreren Formen auf, sondern bietet auch sowohl bezüglich der Wirkungsweise als der Wirkungsgrösse in den Kraftmaschinen bemerkenswerte Verschiedenheiten dar, weshalb es nicht überflüssig erscheint, das Wissenswerteste über die verschiedenen Formen und Wirkungsweisen der Naturkräfte in den Kraftmaschinen an die Spitze des vorstehenden Abschnittes zu setzen, der sich dann dementsprechend gliedert.

Erster Abschnitt.

Formen und Wirkungsweisen der Kräfte.

Die Formen, unter welchen Naturkräfte zur Verfügung stehen, sind nicht nur in erster Linie abhängig von den Trägern der Kraft (Wasser, Steinkohle etc.), sondern bedingen auch ganz wesentlich den Aufbau der Kraftmaschinen, insofern als im allgemeinen die letzteren sich nach der Beschaffenheit der ersteren zu richten haben werden.

Ferner hängt von diesen Formen zum Teil der Betrag ab, den man aus dem vorhandenen Arbeitsvermögen wirklich gewinnt (Nutzarbeit), weil bei manchen Formen der Arbeitsverlust grösser, bei anderen kleiner ausfällt (z. B. grösser bei Stoss- als bei Druckwirkung etc.).

In vielen Fällen unterliegen die Formen auch Wandlungen, welche nicht ohne Einfluss auf die Verwendbarkeit sind und gewisse Wirkungsweisen bevorzugen lassen, sowie ebenfalls in engster Beziehung zu den Anlagen von Kraftmaschinen stehen (z. B. Kondensation der Dampfmaschinen).

Da es nun stets die Aufgabe einer Kraftmaschine sein muss, das zur Verfügung stehende Arbeitsvermögen möglichst vorteilhaft auszunutzen, so folgt daraus, dass die Formen und Wirkungsweisen der Betriebskräfte auf das innigste mit den Kraftmaschinen zusammenhängen.

Erstes Kapitel.

Formen der Kräfte.

Steht ein beweglicher Körper unter der Wirkung einer Kraft, so wird derselbe irgend eine geradlinige oder krummlinige Bewegung längs eines bestimmten Weges ausführen. Bezeichnet man die Kraftgrösse mit K, die zurückgelegte Wegeslänge in der Richtung der Kraft mit s, so nennt man das Produkt K s, die von der Kraft K verrichtete mechanische Arbeit: $K s = \mathfrak{a}$.

Besitzt der in Bewegung befindliche Körper nun eine Masse von der Grösse m und zu irgend einer Zeit eine Bewegungsgrösse (Geschwindigkeit) c, so nennt man das Produkt aus der Masse und dem halben Quadrate der Geschwindigkeit also $\frac{m c^2}{2}$ die lebendige Kraft dieser Masse. Hat derselbe Körper zu einer anderen Zeit eine Geschwindigkeit v, so ist seine lebendige Kraft $\frac{m v^2}{2}$ u. s. w. Unter der Annahme, dass die Geschwindigkeit v grösser als c und c die Anfangsgeschwindigkeit ist, hat der Körper eine Zunahme an lebendiger Kraft gleich $\frac{m v^2}{2} - \frac{m c^2}{2}$, und wenn v die Anfangsgeschwindigkeit war, eine Abnahme an lebendiger Kraft ebenfalls gleich $\frac{m v^2}{2} - \frac{m c^2}{2}$ erfahren.

Wirkt auf einen mit der Geschwindigkeit c sich bewegenden Körper eine Kraft K in der Bewegungsrichtung in irgend einem Zeitpunkt ein, so erfolgt eine gleichförmige Geschwindigkeitsvermehrung (gleichförmige Beschleunigung) p der Körper, welche proportional der Kraft K und verkehrt proportional der Masse m ist, also

$$p = \frac{K}{m}.$$

Wächst unter dieser Beschleunigung p während der Zeit t die Anfangsgeschwindigkeit c des Körpers zu der Endgeschwindigkeit v an und ist die von dem Körper zurückgelegte Wegeslänge s, so finden die beiden Beziehungen statt:

$$p = \frac{v - c}{t} \text{ und } s = \left(\frac{v + c}{2}\right) t.$$

Aus der ersten Gleichung ergiebt sich $t = \frac{v - c}{p}$, also wird

$$s = \left(\frac{v + c}{2}\right)\left(\frac{v - c}{p}\right) = \frac{v^2 - c^2}{2 p}.$$

Da nun ferner $p = \frac{K}{m}$ ist, so folgt weiter

$$s = \left(\frac{v^2 - c^2}{2}\right)\frac{m}{K} \text{ und hieraus } K\,s = m\left(\frac{v^2 - c^2}{2}\right).$$

Demnach ist die mechanische Arbeit, welche die längs des Weges s auf den Körper von der Masse m wirkende Kraft K verrichtet, gleich der von ihr erzeugten Zunahme an lebendiger Kraft.

Daraus gehen die allgemeinen Sätze hervor:

1. Die erzeugte lebendige Kraft ist gleich der sie erzeugenden mechanischen Arbeit.
2. Eine lebendige Kraft ist im Stande, dieselbe mechanische Arbeit zu verrichten, welche zu ihrer Erzeugung aufgewendet wurde.

Wird z. B. ein Körper von dem Gewicht G um den Weg h in die Höhe gehoben, so ist dazu eine mechanische Arbeit G h erforderlich. Fällt derselbe Körper aus der Höhe h herunter, so besitzt er nach dem Gesetze vom freien Fall ein Endgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$. Seine Masse m ist aber bestimmt durch das Gewicht G dividirt durch die Fallbeschleunigung g, also $m = \frac{G}{g}$.

Die dem Körper innewohnende lebendige Kraft lässt sich in diesem Fall daher schreiben:

$$m\,v^2 = \frac{G}{g}\,.\,2\,g\,h \text{ also ist } \frac{m\,v^2}{2} = G\,h.$$

Die Fähigkeit eines Körpers, mechanische Arbeit zu leisten, bezeichnet man mit Arbeitsvermögen, Arbeitsfähigkeit oder Energie. Die oben erklärte Beziehung zwischen der Kraft und dem Wege mechanischer Arbeit giebt zugleich die Grundlage für die Wahl eines Maasses zum Messen der mechanischen Arbeit in den Einheiten beider Grössen (Kilogramm, Pfund, Tonne; Meter, Fuss, Meilen), indem man diese einfach zusammenfügt: Kilogrammeter, Pfundfuss, Tonnenmeilen oder sprachgebräuchlicher: Meterkilogramm *(mk)*, Fusspfund (Fpfd), Meilentonnen *(mt)*.

Selbstverständlich kommt bei der Feststellung der Leistung einer Kraft auch die Zeit in Betracht, während welcher dieselbe stattfindet, und beziehen sich deshalb die genannten Arbeitseinheiten auf bestimmte Zeiteinheiten (Sekunde, Minute, Stunde). Ganz allgemein ist in der Technik als Zeiteinheit die Sekunde eingeführt, so dass man mit Meterkilogramm stillschweigend die während 1 Sek. geleistete Arbeit bezeichnet. — Um bei grossen Leistungen die Unbequemlichkeit unförmiger Zahlen zu umgehen, hat man ein Vielfaches dieser Einheit unter der Bezeichnung Pferdestärke oder Pferdekraft [*PS*, PK, HP (Horse-power)] als grössere Einheit gewählt, indem man eine Pferdestärke der Leistung von 75 *mkg* in einer Sekunde gleichstellt. — Seltener gebrauchte Einheiten sind die Kilometerstundentonne und die Meilenstundentonne. In einzelnen Fällen (namentlich in England) benutzt man noch das Fusspfund als Einheit und rechnet 1 Pferdestärke = 550 Fusspfund pro Sekunde.

Das Arbeitsvermögen oder die Energie tritt in zwei Formen auf: als kinetische Energie und als potenzielle Energie.

Befindet sich ein Körper von der Masse m mit einer Geschwindigkeit v in Bewegung und besitzt er demgemäss in der lebendigen Kraft $\frac{m v^2}{2}$ das ebenso grosse Arbeitsvermögen, so nennt man dieses die kinetische Energie, auch die aktuelle Energie, die Energie der Bewegung oder das freie Arbeitsvermögen.

Befindet sich dahingegen ein Körper in Ruhe und vermöge seiner Lage zu anderen Körpern und der zwischen ihnen wirksamen Kräfte im Besitze eines Arbeitsvermögens, so bezeichnet man dieses als potenzielle Energie, Energie der Lage oder als gebundenes Arbeitsvermögen.

Mit freiem Arbeitsvermögen ist das Wasser ausgestattet, welches mit einer Geschwindigkeit dahinfliesst, die bewegte Luft, das in Drehung befindliche Schwungrad (S. 245), sowie überhaupt alle Teile einer Maschine u. dergl., welche sich bewegen: ein fallender Hammerbär, ein schwingendes Pendel, ein Balanzier, eine Regulatorkugel etc.

Die Form des gebundenen Arbeitsvermögens ist vorhanden in dem in einem Hochbehälter ruhig aufbewahrten Wasser, in zusammengepresster Luft (S. 206), in gespanntem Dampf, in einem zum Betriebe eines Uhrwerkes etc. aufgezogenen Gewicht, einer gespannten Feder, einem mit Elektrizität geladenen Akkumulator, in der chemischen Affinität etc.

Wenn somit zwar die Erscheinungsformen des Arbeitsvermögens auch verschieden sind, so bestehen doch zwischen ihnen die innigsten Beziehungen, da sie sich nicht nur in einander überführen, also umwandeln lassen, sondern indem sie auch gleichwertig sind.

Nach S. 475 ist $G\,h = \frac{m v^2}{2}$, wenn ein Körper vom Gewichte G aus einer Höhe h herunterfällt; zugleich ist eine mechanische Arbeit G h erforderlich, um diesen Körper auf die Höhe h zu schaffen, wo derselbe unter der Einwirkung der Schwerkraft vermöge seiner erhöhten Lage mit einem gebundenen Arbeitsvermögen ausgestattet ist, dessen Grösse durch das Gewicht und die gehobene Höhe also durch G h ihren Ausdruck findet. Fällt nun das Gewicht aus der Höhe h herunter, so ist seine Endgeschwindigkeit v, folglich sein freies Arbeitsvermögen $= \frac{m v^2}{2}$. Das gebundene Arbeitsvermögen G h wurde daher in freies Arbeitsvermögen $\frac{m v^2}{2}$ umgewandelt. — Wird ferner ein Körper mit einer Anfangsgeschwindigkeit v der Schwerkraft entgegen frei aufwärts bewegt (geworfen), so erreicht derselbe eine bestimmte Höhe $h = \frac{v^2}{2 g}$, in welcher die Bewegung aufhört und statt des anfänglichen freien Arbeitsvermögens $\frac{m v^2}{2}$ nunmehr das gebundene Arbeitsvermögen G h getreten, also ersteres in letzteres verwandelt ist. In allen Fällen bleibt das Arbeitsvermögen der Grösse nach unverändert. — Dieselbe Arbeit, welche eine gespannte Uhrfeder, ein aufgezogenes Gewicht, komprimirte Luft u. s. w. leisten soll, welche man also

als Arbeitsvermögen aufspeichern will, muss daher auch aufgewendet werden, um die Aufspeicherung zu bewerkstelligen, selbstverständlich wenn alle Nebenhindernisse ausser Betracht bleiben.

Fällt ein Körper mit dem gebundenen Arbeitsvermögen G h nur einen Teil von h, z. B. nur um die Höhe x abwärts, so verwandelt sich nur dieser Höhe x entsprechend ein Teil des gebundenen Arbeitsvermögens in freies; in dem Körper bleibt ein Rest von der Grösse G (h — x). Indem die Fallhöhe abnimmt, wächst die Geschwindigkeit, d. h. es wird genau so viel an freiem Arbeitsvermögen gewonnen, als an gebundenem verloren geht, und umgekehrt bei der freien Aufwärtsbewegung so viel an gebundenem gewonnen als an freiem verzehrt wird.

Ist man im Stande, die Bewegung des freien Arbeitsvermögens wahrzunehmen, d. h. lassen sich die Wege messen, welche die Punkte eines mit freiem Arbeitsvermögen ausgestatteten Körpers zurücklegen, so bezeichnet man dasselbe als äusseres freies Arbeitsvermögen gegenüber dem inneren, welches in nicht wahrnehmbaren und messbaren relativen Bewegungen der die Körper bildenden kleinen Teilchen (Atome, Moleküle) besteht. — Das äussere gebundene Arbeitsvermögen ist einem Körper vermöge seiner Lage gegen andere Körper und vermöge der zwischen ihnen vorhandenen Kräfte (Schwerkraft, Magnetismus, Spannung etc.) eigentümlich, während das innere gebundene Arbeitsvermögen der relativen Lage der Körperteilchen und den zwischen diesen vorhandenen wirksamen Kräften entspricht.

Wenn demnach das innere Arbeitsvermögen an sich nicht direkt messbar ist, so tritt es doch in Wirkungen oder Erscheinungen zu Tage, die einen Rückschluss auf die Grösse und damit indirekt eine Messung gestatten. Unter diesen Erscheinungen ist neben den chemischen, die sich in den Gruppirungen der Atome und den chemischen Kräften äussern, die bedeutungsvollste die Erscheinung der Wärme.

In der Wärmelehre geht man neuerdings, gestützt auf eine Reihe von Erscheinungen, von der einfachen Annahme aus, dass die fühlbare Wärme eines Körpers eine Bewegung seiner kleinsten Teilchen, also eine sog. Molekularbewegung ist, dass demnach ein Erwärmen oder Erkalten desselben Körpers mit einer Verstärkung oder Schwächung dieser Molekularbewegung zusammengeht.

Wenn sich aber ein Molekül mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt, bildet es den Sitz einer lebendigen Kraft, also eines freien Arbeitsvermögens, so dass in einem aus beliebig vielen Molekülen zusammengesetzten Körper, unter der Annahme der Bewegung dieser Moleküle, ein entsprechendes Arbeitsvermögen angehäuft ist.

Diese Molekularbewegung kann entweder in der Weise vor sich gehen, dass die einzelnen Moleküle gegen einander in unveränderter Lage und Stellung bleiben, in welchem Fall man sich dieselbe als eine einfache schwingende oder kreisende vorstellt, oder die Stellung beziehungsweise gegenseitige Lage derselben in einem Körper (System von materiellen Punkten) erleidet gleichzeitig eine Aenderung durch Annäherung oder Entfernung. Selbstverständlich sind zu dieser Bewegung, die mit einer Vergrösserung oder Verminderung des Körpervolumens zusammenhängt, Kräfte erforderlich, welche diejenigen Kräfte zu überwinden haben, mit denen sich die kleinsten Teile anziehen, und zwar längs gewisser Wege, so dass sie

ebenfalls mechanische Arbeit leisten, so zwar, dass die Aenderungen in der gegenseitigen Lage der materiellen Punkte einen bestimmten Aufwand von mechanischer Arbeit beanspruchen.

Da sich diese beiden Bewegungen und Arbeiten im Innern der Körper vollziehen, so bezeichnet man sie als innere Bewegungen und innere Arbeiten in Uebereinstimmung mit der Bedeutung des inneren Arbeitsvermögens (S. 477). — Dem gegenüber spricht man von äusserer Bewegung und äusserer Arbeit, wenn es sich darum handelt, die Bewegung unter dem Einflusse von Widerständen zu bewerkstelligen, die von aussen her auf den Körper (durch Druck) einwirken und durch eine im Körper thätige Kraft überwunden werden, z. B. beim Kochen von Wasser in offenen Gefässen, wobei der Wasserdampf den auf ihm lastenden Druck der Atmosphäre zu überwinden hat.

Wird einem Körper Wärme zugeführt, so treten im allgemeinen die erwähnten Bewegungen als unmittelbare Wirkungen dieser Wärmezufuhr auf, d. h. es entstehen Schwingungsbewegungen sowohl als Lagenverschiebungen der Moleküle und Ueberwindungen äusserer Drücke längs gewisser Wege. Infolge der Schwingungsbewegungsvergrösserung wächst die fühlbare Wärme; infolge der Lagenveränderung durch Ausdehnung das gebundene Arbeitsvermögen. Demnach kann in diesem Sinne auch die Wärme als eine Kraft angesehen werden, welche sowohl innere als äussere mechanische Arbeit zu leisten im Stande ist, indem sie

1. die Schwingungsarbeit oder die Temperatur und demgemäss das freie Arbeitsvermögen erhöht,
2. in dem Körper durch Ueberwindung der Anziehungskräfte zwischen den Atomen längs eines bestimmten der Ausdehnung des Körpers entsprechenden Weges eine gewisse Menge gebundenes Arbeitsvermögen aufspeichert und
3. noch eine Arbeit zur Ueberwindung äusserer Widerstände längs eines ebenfalls durch die Volumenvergrösserung gegebenen Weges eine äussere Widerstandsarbeit leistet.

Während die beiden ersten Arbeiten nach obigen Erklärungen innere Arbeiten sind und nur die letztere äussere Arbeit ist, werden auch wohl die beiden letzten Arbeiten, welche eine Aenderung in der Anordnung der kleinsten Teile bedingten Disgregationsarbeit genannt.

Wird einem Körper dahingegen Wärme entzogen, so erfolgen dieselben Bewegungen rückgängig, wodurch die Temperatur zum Sinken, Schwingungs- und Disgregationsarbeit zur Abgabe gebracht wird.

Aus diesen Erörterungen geht nicht nur hervor, dass sich die verschiedenen Formen des Arbeitsvermögens in Wärme umsetzen lassen und dass die Wärme eine Quelle dieser verschiedenen Formen ist, sondern auch dass zwischen mechanischer Arbeit und Wärme ein bestimmtes Verhältnis bestehen muss, wonach ein bestimmter Teil der einen einen bestimmten Teil der anderen ersetzt, also eine bestimmte mechanische Arbeit eine bestimmte Wärmemenge und umgekehrt eine bestimmte Wärmemenge eine bestimmte Arbeit hervorzubringen vermag (Aequivalenz zwischen Wärme und Arbeit).

Zahlreiche Versuche haben in der That zu dem Ergebnisse geführt: dass eine durch mechanische Arbeit erzeugte Wärmemenge dem Betrage dieser Arbeit proportional ist und dass demnach die Energie in der einen Form sich durch eine Energie in einer anderen Form messen lässt. — Die bestimmend gewordenen Versuche bestanden hauptsächlich in Hervorbringung von Wärme durch Reibung (z. B. durch Reiben zweier aneinandergepresster Scheiben, die unter Wasser lagen, welches die erzeugte Wärme aufnahm und messen liess, oder durch Bewegung eines kleinen Schaufelrades in Wasser, Quecksilber, Oel etc. oder durch Durchpressen von Wasser durch feine Röhrchen) oder in Wärmeerzeugung durch Stoss (z. B. indem man zwei schwere pendelartig aufgehängte Blöcke gegen ein Stück Blei stossen lässt, welches dadurch erwärmt wird und in Wasser geworfen diesem die Wärme leicht messbar mitteilt) oder endlich in Hervorbringung von Wärme durch Zusammendrücken von gasförmigen Körpern (Luft, pneumatisches Feuerzeug).

Als Resultat dieser Versuche hat sich nun herausgestellt, dass eine mechanische Arbeit von 424 *mkg* immer genau eine Wärmeeinheit (S. 270) hervorzubringen vermag, weshalb man die Arbeitsgrösse von 424 *mkg* als das Arbeitsäquivalent der Wärme (mechanisches Wärmeäquivalent) bezeichnet. Da nun auch umgekehrt Versuche erwiesen haben, dass genau bei einer mechanischen Arbeit von 424 *mkg* eine *WE* verzehrt wird, so folgt daraus, dass 1 *mkg* mit $\frac{1}{424}$ Wärmeeinheit gleichwertig ist. Diese Grösse $A = \frac{1}{424}$, heisst daher das Wärmeäquivalent der Arbeit. — Da z. B. 1 Pferdestärke die mechanische Arbeit von 75 *mkg* pro Sek. darstellt, so ergiebt sich nach diesem Gesetze von der Gleichwertigkeit der Wärme und Arbeit, dass zur Erzeugung von 1 *WE* aufzuwenden sind: $\frac{424}{75} = 5{,}65$ Pferdestärken; d. h. um in 1 Sek. 1 *kg* Wasser um 1 ° C. zu erwärmen, sind 5,65 Pferdestärken erforderlich.

Bezeichnet man allgemein die Wärmemenge mit Q, eine mechanische Arbeitsleistung mit L und das Wärmeäquivalent mit $A = \frac{1}{424}$, so gelten die Beziehungen:

$$L = \frac{Q}{A} \text{ und } Q = A\,L, \text{ also } L = 424\ Q \text{ und } Q = \frac{L}{424}.$$

Der Satz, welcher diese Beziehung, nämlich die Gleichwertigkeit zwischen Wärme und mechanischer Arbeit zum Ausdrucke bringt, wird der erste Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie genannt. — Wenn man komprimirte Luft aus einem Gefässe in die Luft strömen lässt, wobei dieselbe also so viel Arbeit leisten muss, als zur Ueberwindung des Luftdruckes erforderlich ist, so ist diese Arbeitsleistung mit einem entsprechend grossen Wärmeaufwand zu leisten, welcher die Ursache der Abkühlung bei Druckluftanlagen ist (S. 208). — Wenn dahingegen komprimirte Luft in einen Raum strömt, der keine Luft enthält, also luftleer ist, so tritt keine Temperaturänderung ein, weil kein Luftdruck zu überwinden und keine Arbeit zu leisten ist. — Diese Versuche liefern zugleich den Beweis, dass bei dem Abkühlungsprozesse infolge der Ausdehnung von Luft nicht diese Ausdehnung, sondern nur die zur Ueberwindung von Widerständen aufzuwendende Arbeit die Abkühlung hervorruft.

Aus dem Gleichwertigkeitssatz folgt unmittelbar auch der Schluss, dass von einem Körper keine Arbeit geleistet werden kann, wenn derselbe

wärmelos ist. — Derjenige Thermometerstand, durch welchen die Wärmelosigkeit angezeigt wird, heisst der absolute Nullpunkt und liegt bei — 273° C. Wird nämlich atmosphärische Luft oder ein anderes Gas erwärmt, so dehnt sich dieselbe für jeden Temperaturgrad um $\frac{1}{273}$ = 0,00367 des Volumens aus, welches sie bei 0° besitzt (Ausdehnungskoeffizient). Umgekehrt tritt bei einer Abkühlung in demselben Verhältnisse eine Volumenverminderung ein. Da nun mit jedem Wärmegrade die lebendige Kraft der Atome gleichmässig wächst oder abnimmt, so muss es eine Temperatur geben, bei welcher sie und damit die Wärme Null wird. Unter der Annahme eines Volumens 1 der Luft bei 0° wird dieser Zustand infolge einer Abkühlung eintreten, wenn die Beziehung erfüllt ist: $1 - 0{,}00367\,t = 0$. Daraus folgt aber

$$t = \frac{1}{0{,}00367} \text{ oder } t = 273^{\circ}.$$

d. h. der absolute Nullpunkt liegt 273° C. unter dem Gefrierpunkt und die wirkliche Temperatur T (absolute Temperatur) eines Körpers setzt sich zusammen aus der Temperatur des absoluten Nullpunktes und den gemessenen Wärmegraden t, also ist: $T = 273 + (\pm t)$.

Besitzt ein Körper (Luft, Gas oder Dampf, z. B.) ein bestimmtes Volumen, sowie eine bestimmte Temperatur und steht derselbe unter einem bestimmten Drucke, so befindet sich derselbe in einem bestimmten Zustand, der demnach sofort ein anderer wird, so bald einer dieser den Zustand bildenden Faktoren sich ändert. Eine solche Zustandsänderung erfolgt also durch Vermehrung oder Verminderung der Temperatur, des Volumens oder des Druckes.

Bei einer solchen Zustandsänderung an einem selbstverständlich in ein Gefäss eingeschlossenen Gase lassen sich nun folgende Fälle unterscheiden:

1. Dem Gase wird ohne Veränderung des Volumens Wärme zugeführt oder entzogen: in diesem Fall wächst oder vermindert sich der Druck und die Temperatur zugleich mit der inneren Arbeit (Zustandsänderung bei konstantem Volumen).
2. Dem Gase wird ohne Veränderung des Druckes Wärme zugeführt oder entzogen: in diesem Fall wächst oder vermindert sich das Volumen und die Temperatur zugleich mit der inneren Arbeit (Zustandsänderung bei konstantem Drucke).
3. Dem Gase wird unter gleichzeitiger Aenderung des Druckes und des Volumens so viel Wärme zugeführt oder entzogen, dass die Temperatur konstant bleibt. (Isothermische Zustandsänderung).
4. Dem Gase wird unter gleichzeitiger Aenderung des Druckes, des Volumens und der Temperatur weder Wärme zugeführt noch entzogen. (Adiabatische Zustandsänderung).

Wenn ein Körper eine Reihe von Zustandsänderungen erfährt, infolge deren Druck und Volumen nach einem bestimmten Gesetze andere Grössen annehmen und wenn sodann derselbe Körper wieder in den Anfangszustand zurückkehrt, bei welchem Druck und Volumen ebenfalls die ursprünglichen Werte wieder erhalten haben, so sagt man, der Körper hat einen Kreisprozess durchlaufen.

Trägt man der Reihe nach die verschiedenen Volumen als Abszissen und die zugehörenden Spannungen als Ordinaten in ein rechtwinkliges Koordinatensystem ein, so erhält man eine zusammenhängende Kurve als Bild der Zustandsänderungen und des Kreisprozesses. — Hat z. B. (Fig. 416) ein Körper (Gas, Luft, Dampf etc.) ein Anfangsvolumen v = O e und einen Anfangsdruck p = e a sodann ein Endvolumen v_1 = O f und einen Enddruck p_1 = f c und werden die zwischen v und v_1, sowie die zwischen p und p_1 vorkommenden Volumen und Drücke zwischen a und c entsprechend aufgetragen, so entsteht die Linie a b c, während die Rückkehr in gleicher Weise aufgezeichnet, von der Linie c d a, somit der ganze Kreisprozess von der Kurve a b c d a dargestellt wird. Kann hierbei der Kreisprozess sowohl in der Richtung a b c d a als in der Richtung a d c b a verlaufen, so wird derselbe **umkehrbar** genannt.

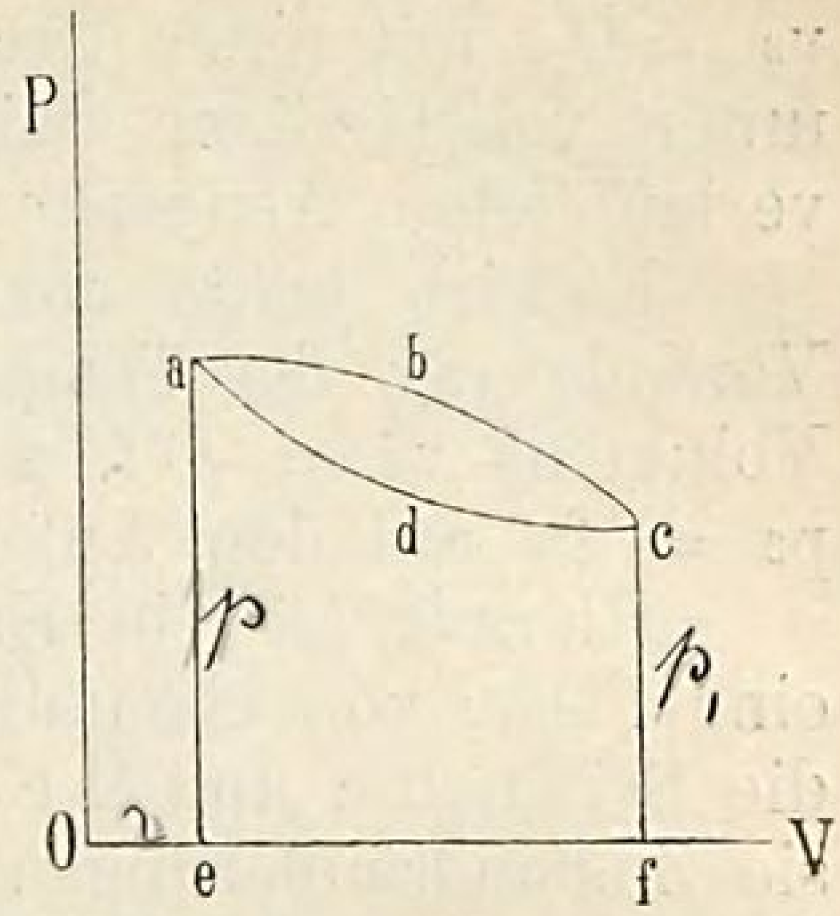


Fig. 416.

In der Figur 416 stellen die Linien, welche die Grössen der Volumen bezeichnen, zugleich die Bewegungsgrössen (Wege) und die Drucklinien die jedesmal zur Wirkung kommenden Kraftgrössen dar. Demnach findet die geleistete mechanische Arbeit ihren Ausdruck in den Flächen e a b c f und e a d c f. Nennt man nun positiv die Fläche, wenn die Abszisse wächst, und negativ die Fläche, wenn das Gegenteil stattfindet, so stellt die Fläche e a b c f eine positive, die Fläche e a d c f eine negative Arbeit und die Differenz beider Flächen, also die von der Kurve a b c d a umschlossene Fläche, diejenige Menge von Arbeit dar, welche durch den Kreisprozess gewonnen wird. — Ist nun Wärme die Ursache der Zustandsänderungen, so folgt daraus, dass die Fläche a b c d a diejenige Arbeit oder Menge von Energie darstellt, welche durch die Wärme gewonnen ist.

Ein besonderer hierher gehörender Kreisprozess ist der sog. Carnot'sche. Derselbe umfasst **vier** Abschnitte, welche in folgender Weise verlaufen und dargestellt werden. Man denke sich eine gewisse Menge Gas, z. B. 1 *kg*, dessen Volumen v = O a (Fig. 417) ist und das unter einem Drucke p = a b bei einer Temperatur t steht, so stellt der Punkt b den Anfangszustand dar. Sodann dehne sich das Gas unter Druckabnahme bis zu dem Volumen O g unter der Voraussetzung aus, dass die Temperatur t unverändert bleibt, so bezeichnet O g = v_1 und c g = p_1 den Zustand nach diesem Verlauf, also der Punkt c diese Zustandsänderung nach dem ersten Abschnitt.

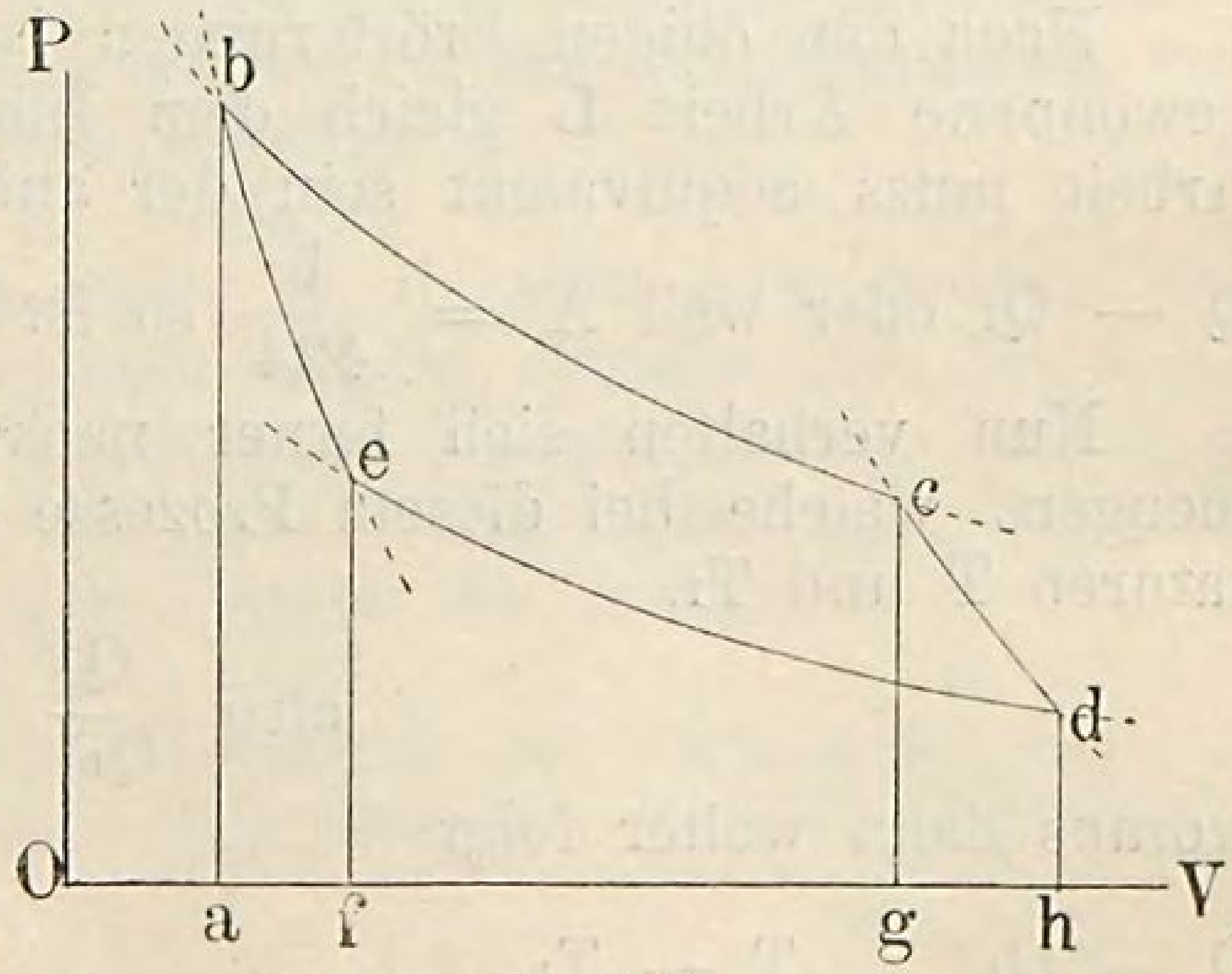


Fig. 417.

Unter weiterer Volumvergrösserung von v_1 = O g auf v_2 = O h und gleichzeitiger Druckabnahme von p_1 = c g auf p_2 = d h, sowie einer Temperaturabnahme von t auf t_1 und ohne Wärmezufuhr und -Abfuhr

vollziehe sich der zweite durch c d bezeichnete Abschnitt der Zustandsänderung, die nun durch den Punkt d bezeichnet ist.

Darauf erfolge eine Verminderung des Volumens von v_2 = O h auf v_3 = O f mit einer Druckvermehrung von d h = p_2 auf f e = p_3 wiederum unter vollständiger Beibehaltung der Temperatur t_1 mit einer nach d e verlaufenden Aenderung zu einem Zustande, der durch e erkennbar ist.

Endlich kehre das Gas ohne Zufuhr und Abfuhr von Wärme unter Veränderung der Temperatur t_1 auf die ursprüngliche Temperatur t, des Volumens v_3 = O f, auf das Anfangsvolumen v = O a und des Druckes p_3 = f e auf den Anfangszustand b zurück.

Hiermit ist ein Kreisprozess in 4 Abschnitten vollendet, der durch eine Figur von ebenfalls 4 Seiten b c d e gekennzeichnet ist, von denen die Seiten b c und d e die sog. isothermischen Kurven bilden, weil sie Zustandsänderungen bezeichnen, während welchen sich das Volumen ändert, während die Temperatur konstant bleibt. Die Kurven c d und e b dahingegen heissen adiabatische Kurven, weil jede von ihnen Umwandlungen vorstellt, bei welchen eine Temperaturerniedrigung infolge der Volumenvergrösserung und eine Temperaturerhöhung infolge der Volumenverkleinerung, also in beiden Fällen eine Zustandsänderung eintritt, ohne dass dem Gase Wärme zugeführt oder entzogen wird.

Die isothermischen Kurven stellen demnach die Beziehung dar, welche zwischen Volumen und Druck bei gleichbleibender Temperatur besteht, und verlaufen deshalb bei den Gasen nach dem Mariotte'schen Gesetze.

Die adiabatischen Kurven dahingegen bilden den Ausdruck für die Beziehung zwischen Volumen und Druck eines Gases, wenn sich letzteres ausdehnt oder zusammenzieht, ohne Wärme von äusseren Körpern zu empfangen oder an solche abzugeben.

Beim Durchlaufen des Carnot'schen Kreisprozesses hat ein *kg* Gas von irgend einer Wärmequelle zunächst soviel Wärme Q aufgenommen, als dem Verbrauch an Wärme für die Volumenvergrösserung entspricht, und später eine gewisse Wärmemenge Q_1 an eine andere Wärmequelle zurückgegeben, als bei der Volumenverminderung hervorgebracht wird.

Nach den obigen Erörterungen ist die während dieses Kreisprozesses gewonnene Arbeit L gleich dem Inhalte des Viereckes b c d e. Diese Arbeit muss aequivalent sein der auf den Prozess aufgewendeten Wärme $Q - Q_1$ oder weil $A = \frac{1}{424}$ so ist $(Q - Q_1) = L \,.\, A$.

Nun verhalten sich ferner nach der Theorie der Gase die Wärmemengen, welche bei diesem Prozesse auftreten, wie die absoluten Temperaturen T und T_1,

$$\text{also } \frac{Q}{Q_1} = \frac{T}{T_1}$$

woraus dann weiter folgt

$$\frac{Q - Q_1}{Q_1} = \frac{T - T_1}{T_1} \text{ oder } Q - Q_1 = \frac{Q_1}{T_1}(T - T_1) = \frac{Q}{T}(T - T_1)$$

$$\text{und demnach } L = \frac{Q_1}{T_1}(T - T_1) = \frac{Q}{A\,T}(T - T_1).$$

Der Ausdruck $\frac{Q}{A\,T} = S$ wird das Wärmegewicht und der Ausdruck $T - T_1$ das Temperaturgefälle genannt (Zeuner).

Deshalb sagt man: die Leistung oder gewonnene Arbeit ist bei diesem Kreisprozesse gleich dem Produkte aus Wärmegewicht in das Temperaturgefälle: $L = S\,(T - T_1)$.

Damit gewinnt man zugleich u. a. einen direkten Vergleich mit der Nutzarbeit, welche eine gewisse Wassermenge verrichtet, welche aus einer bestimmten Höhe herunterfällt und durch eine Kraftmaschine zur Wirkung gebracht wird.

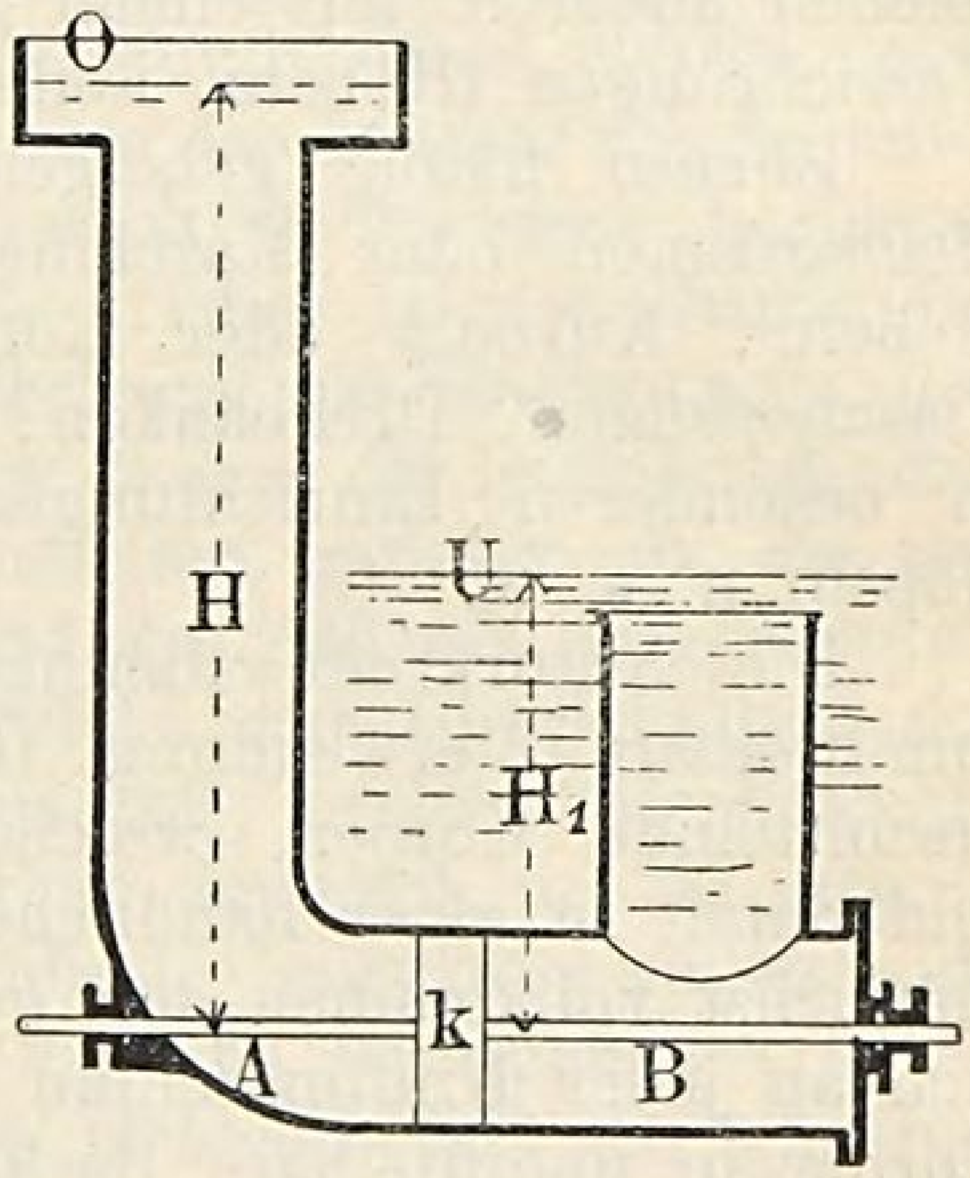


Fig. 418.

Bezeichnet man nämlich (Fig. 418) mit O den Ober- und mit U den Unterwasserspiegel zu einer Wasserkraftmaschine K, z. B. einer Wassersäulenmaschine, ferner das vorhandene Gefälle mit H, den Abstand zwischen Ober- und Unterwasserspiegel mit H_2 und die Höhe zwischen Maschine und Unterwasser mit H_1 und nimmt an, dass eine gewisse Wassermenge Q in Gewicht als motorischer Körper zur Wirkung gelangt, so findet hierbei folgender Vorgang statt. Die Arbeit, welche die Wassermenge Q (von allen Widerständen abgesehen) leistet, beträgt Q H und geht auf den Kolben K über. Indem dieser von A nach B geschoben wird, hebt er dieselbe Wassermenge Q bis zum Unterwasserspiegel U mit dem Arbeitsaufwand $Q\,H_1$. Diejenige Arbeit also, welche von dem Kolben durch die Kolbenstange fortgepflanzt und demnach gewonnen wird, ist gleich $Q\,H - Q\,H_1$. Verglichen mit der obigen Bezeichnung ist also die Leistung oder gewonnene Arbeit

$$L = Q\,(H - H_1)$$

mithin gleich dem Produkte aus dem Wassergewichte in das nutzbare Gefälle. Demnach stimmt dieser Vorgang überein mit der Erzeugung von Wärmearbeit bei dem Carnot'schen Kreisprozesse

$$L = S\,(T - T_1).$$

Findet der Vorgang umgekehrt statt, d. h. wird dem Kolben von aussen her eine Arbeit zugeführt, vermöge welcher derselbe eine Bewegung von B nach A annimmt, so wirkt derselbe als Pumpenkolben, indem er das Wassergewicht Q auf die Höhe H hebt. Hierzu ist aber, weil die Drucksäule H_1 der Kolbenarbeit zu gute kommt, die Arbeit

$$L = Q\,(H - H_1)$$

erforderlich. Da diese Arbeit bei dem Kreisprozesse verbraucht wird, so entspricht auch dieser Vorgang dem umkehrbaren Carnot'schen Kreisprozesse.

Zweites Kapitel.

Wirkungsweisen der Kräfte.

Die Art und Weise, wie die Kräfte zur Verrichtung mechanischer Arbeit in Thätigkeit gesetzt werden, ist sehr mannigfaltig.

Die lebendigen oder belebten Motoren (S. 472) wirken als Muskelkraft, mit und ohne Benutzung des Körpergewichtes, vielfach direkt, d. h. ohne Maschinen z. B. beim Tragen von Lasten, beim Heben von Körpern (Rammklötzen, Hämmern etc.), beim Schwingen einer Axt und bei zahlreichen anderen, mit einem Aufwand von mechanischer Arbeit verbundenen Verrichtungen (Hobeln, Feilen, Bohren etc.).

Ebenso häufig gelangen diese Motoren aber auch mit Hilfe von Mechanismen oder Maschinen zur Wirkung und zwar in der Regel an Hebeln, Kurbeln oder Rollen (Pumpenschwengeln, Haspeln, Winden, Flaschenzügen, Drehbänken, Schleifsteinen, Webstühlen, Hebebäumen) und in besonderen Einrichtungen als Treträdern, Tretscheiben, Laufrädern, Göpeln u. s. w.

Die Naturkräfte dahingegen gestatten ihrer Eigenart wegen keine unmittelbare Verwendung in der Technik, sondern sie verlangen dazu vermittelnde Körper, welche das Arbeitsvermögen derselben aufnehmen und damit in einer handlichen Weise zur Verfügung bringen, so dass es möglichst vollkommen dem gewünschten Zwecke dient. Demgemäss befindet sich an jeder Kraftmaschine ein besonderer Teil, der mit dem motorischen Körper in unmittelbare Berührung kommt und von demselben in Bewegung gesetzt wird. Dieses Element an den Kraftmaschinen ist der Arbeitsaufnehmer (Arbeitsempfänger, Rezeptor, Kraftaufnehmer).

Bezüglich der Anordnung dieses Elementes ist zunächst zu beachten, dass man im allgemeinen die ununterbrochene Drehbewegung jeder anderen vorzieht (S. 15 und 175) und aus dem Grunde überall wo es angeht die Einrichtung in der Weise trifft, dass der Arbeitsaufnehmer in Drehbewegung gelangt. — Daneben ist jedoch von nicht geringerer Wichtigkeit auch der Fall, in welchem der Arbeitsaufnehmer eine, und zwar fast ausschliesslich geradlinige Hin- und Herbewegung erhält. — Zu der ersten Anordnung gehören die Schaufeln und Zellenwände der Wasserräder und Turbinen, die Flügel der Windräder, die sog. drehenden Kolben bei Dampfmaschinen u. s. w., zu der zweiten die Kolben der Dampfmaschinen und der Wassersäulenmaschinen.

Indem das Arbeitsvermögen eines motorischen Körpers auf den Arbeitsaufnehmer übergeht, wird, genügendes Arbeitsvermögen vorausgesetzt, die an den Aufnehmer angeschlossene Maschine in einem gewissen Augenblicke in Bewegung kommen und sodann nach dem Gesetze der ununterbrochenen Kraftzufuhr eine gleichmässig beschleunigte Geschwindigkeit erhalten. Diesem ersten Zeitabschnitte, den man den Anlauf der Maschine nennt, folgt ein zweiter, welcher als Fortlauf bezeichnet wird und sich dadurch kennzeichnet, dass der am Schlusse des Anlaufs erreichte Bewegungszustand möglichst gleich erhalten bleibt, indem die Maschine genau so viel Arbeit abgiebt als sie aufnimmt. Dieser Abschnitt umfasst die eigentliche Arbeitszeit der Maschine, während welcher die letztere sich also im Beharrungszustande befindet. Ist diese Periode vorüber, d. h. soll die

Maschine zu arbeiten aufhören, so stellt man die Einwirkung der motorischen Kraft ein, worauf die in den bewegten Massen vorhandene lebendige Kraft unter allmählicher Geschwindigkeitsabnahme verzehrt wird und die Maschine in den Zustand der Ruhe gelangt: Endlauf.

Wenn nun zwar beim Anlauf der Maschine eine Steigerung der Geschwindigkeit eintritt, so kann doch diese niemals eine bestimmte Grenze, nämlich niemals die Geschwindigkeit überschreiten, welche der wirkenden Kraft selbst eigentümlich ist, weshalb jeder Maschine eine Maximalgeschwindigkeit zukommt, welche die Geschwindigkeit des Kraftträgers nicht erreicht. — Bewegt sich z. B. Kraftwasser mit einer Geschwindigkeit c gegen die Schaufel eines Wasserrades und diese würde eine Geschwindigkeit grösser als c annehmen, so könnte das Wasser die Schaufel überhaupt nicht mehr einholen, damit aber auch nicht mehr berühren und mit Arbeitsvermögen weiter ausstatten. — Daher ist der Druck der motorischen Kraft gegen den Aufnehmer überhaupt abhängig von des letzteren Geschwindigkeit, d. h. um so grösser, je kleiner die letztere ist, und hört auf, sowie die Geschwindigkeit des Aufnehmers grösser als die Geschwindigkeit des Kraftmittels wird. Die während des Anlaufs aufgewendete Arbeit setzt sich zusammen aus derjenigen, welche zur Überwindung der passiven Widerstände erforderlich ist und derjenigen, welche die bewegte Masse als lebendige Kraft aufnimmt, und muss demnach um so grösser werden, so grösser die Widerstände, je grösser die in Bewegung zu setzende Masse und deren Geschwindigkeit sind, so dass es wünschenswert und vielfach sogar notwendig ist, diese einzelnen Grössen und das günstige Verhältnis derselben zu einander ausfindig zu machen, z. B. diejenige Geschwindigkeit der Wasserräder zu bestimmen, bei welcher die vorteilhafteste Ausnutzung der Wasserkraft stattfindet.

Es fällt deshalb die eigentliche Aufgabe der Kraftmaschine in die Fortlaufperiode, in welcher ein Beharrungszustand herrscht. In dieser Periode der Thätigkeit soll im allgemeinen Gleichgewicht vorhanden sein, insofern als sich die Zufuhr der Arbeit mit der verrichteten Arbeit stets deckt. Da es nun erfahrungsmässig ausgeschlossen ist, die verrichtende Arbeit ebensowenig vollkommen konstant zu erhalten als die zugeführte, so sind Vorrichtungen zu treffen, welche eine solche Ausgleichung zwischen Zufuhr und Abgabe von Arbeit an Kraftmaschinen herbeiführen, dass letztere sich mit möglichst gleich bleibender Geschwindigkeit bewegen. Diese Vorrichtungen regeln den Gang entweder durch periodische Ansammlung und Abgabe von Arbeitsvermögen oder durch Verkleinerung und Vergrösserung der Zufuhr je nach Abnahme und Zunahme der verrichtenden Arbeit und umfassen diejenigen unentbehrlichen Teile der Kraftmaschinen, welche Regulatoren heissen (S. 339) mit Einbegriff auch derjenigen Einrichtungen, welche dazu dienen, die Zufuhr des motorischen Körpers allgemein den Verhältnissen anzupassen, wie dies z. B. durch die sog. Dampfzulassungsventile, durch Wasserschützen u. dergl. geschieht.

Die Abgabe des Arbeitsvermögens von Seiten der Arbeitsträger an die Aufnehmer kann unter verschiedenen Wirkungserscheinungen vor sich gehen.

Gelangen diese Träger mit einer bestimmten Geschwindigkeit und sehr schneller Abgabe ihrer lebendigen Kraft auf die Aufnehmer und zwar unter

Winkeln, welche grösser als 0^0 und kleiner als 180^0 sind, so erfolgt die Übertragung unter der Wirkung des Stosses. Diese Stosswirkung tritt z. B. ein, wenn fliessendes Wasser gegen Wasserradschaufeln geführt wird, welche recht- oder schiefwinklig zu der Richtung der Wasserbewegung stehen; oder bei Windrädern, wenn die bewegte Luft heftig gegen die Flügel getrieben wird.

Gelangen dahingegen die motorischen Körper unter solchen Umständen an die Aufnehmer, dass diese vor denselben hergeschoben werden, so findet die Abgabe unter der Wirkung des Druckes statt. — Hierher gehört u. a. die Abgabe des Arbeitsvermögens des gespannten Dampfes an die Dampfkolben, des unter Druck stehenden Wassers an die Kolben der Wassersäulenmaschinen, namentlich aber der Fall, in welchem das Wasser die Zellen eines Wasserrades füllt und mit diesen bis zum Auslaufen herabsinkt, also durch sein Gewicht wirkt. Steht dahingegen eine Flüssigkeit unter einer Pressung, z. B. Wasser in einer vertikalen Röhre oder Dampf in der Leitung und strömt aus einer Öffnung aus, so entsteht auf der dieser Öffnung gegenüberliegenden Wandung eine Pressung, deren Richtung der Ausströmung entgegen gesetzt ist und deshalb Rückwirkung oder Reaktion genannt wird.

Führt man einen Wasserstrom so gegen eine entsprechend gekrümmte Schaufel, welche mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausweicht, dass dasselbe unter stetiger Berührung an der konkaven Schaufelseite entlang fliesst, so übt das Wasser einen ununterbrochenen Druck gegen die Schaufel aus und überträgt damit seine ihm innewohnende lebendige Kraft als mechanische Arbeit an die Schaufel. Diese eigentümliche Art der Abgabe von Arbeitsvermögen, wobei gewissermaassen die Geschwindigkeit des Wassers in Arbeit umgesetzt wird, pflegt man als Druckwirkung oder Aktionswirkung zu bezeichnen, im Gegensatze zu der eben erklärten Reaktionswirkung.

Bei jeder Art des Überganges des Arbeitsvermögens auf die Übernehmer machen sich Einflüsse geltend, welche eine vollständige Übergabe ausschliessen. Es sind vielmehr verschiedene Verluste, teils infolge der unvollkommenen Art des Übertrittes (Stoss), teils durch Vorgänge während der Übergabe (Wasserwirbel, Kondensation des Dampfes, Einmischen atmosphärischer Luft etc.), teils durch mangelhafte Anordnung (Weglaufen von Kraftwasser, Entweichen von Dampf etc.) unvermeidlich, so dass die Kraftmaschine niemals das ganze zur Verfügung stehende Arbeitsvermögen empfängt. Die empfangene Arbeit wird sodann zunächst dazu verwendet, die Kraftmaschine in Bewegung zu setzen, d. h. alle diejenigen Widerstände zu überwinden, die während der Anlaufperiode auftreten. Desgleichen verbrauchen in der folgenden Fortlaufperiode diejenigen Widerstände Arbeit, welche in den einzelnen Reibungsvorgängen, in den Formänderungen (vorübergehende oder dauernde [Seil-] Biegungen, Volumveränderungen durch Aufnahme und Abgabe von Wärme etc.), in den Erzitterungen, im Luftwiderstande u. s. w. ihren Grund haben und als sog. passive Widerstände gelten.

Infolge dieser Verluste ist die von der Kraftmaschine abzugebende Arbeit stets kleiner als die empfangene. Bezeichnet man das ganze in einer bestimmten Menge eines motorischen Körpers (Wasser, Steinkohle,

Gas etc.) aufgespeicherte Arbeitsvermögen als dessen totale Leistungsfähigkeit oder Totalarbeit mit L, die für die Ueberwindung der Widerstände verwendete und sonst verloren gehende Arbeit als Nebenarbeit mit L_2 und die von der Kraftmaschine abzugebende Arbeit als Nutzarbeit mit L_1, so ist

$$L = L_1 + L_2$$

also die Totalarbeit gleich der Summe der Nutz- und Nebenarbeit.

Da nun naturgemäss eine Maschine um so vollkommener wird, je geringer die Nebenarbeit ausfällt also je kleiner die Differenz zwischen Total- und Nutzarbeit ist, so dient das Verhältnis zwischen Nutzarbeit zu Totalarbeit als Wertmesser für die Leistung der Kraftmaschinenanlage, indem man dieses Verhältnis das Güteverhältnis, die relative Leistung oder den Wirkungsgrad nennt, wonach:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Totalleistung}},$$

$$\text{oder } \mathfrak{g} = \frac{L_1}{L} = \frac{L - L_2}{L}$$

ist. Da in diesem Quotienten der Dividend $L - L_2$ stets kleiner ist als der Divisor L so folgt daraus, dass das Güteverhältnis durch einen echten Bruch dargestellt wird. Verwandelt man den letzten in einen Dezimalbruch, so giebt dieser die Nutzleistung in Prozenten der Totalleistung an und wird in dieser Form in der Regel als Nutzeffekt bezeichnet. Ist z. B. in Pferdestärken ausgedrückt $L = 480$, $L_1 = 400$, so ist $L_2 = 80$, also ergiebt sich

$$\mathfrak{g} = \frac{480 - 80}{480} = \frac{5}{6} \text{ und Nutzeffekt} = 83{,}3 \text{ Prozent.}$$

Für die Beurteilung einer Maschine in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit ist begreiflicher Weise die Kenntnis der verschiedenen Effekte und somit der an den Tag tretenden Verluste maassgebend. In dieser Erwägung sind daher auch die Mittel zur Bestimmung aller Effekte ausserordentlich ausgebildet. Dieselben zerfallen naturgemäss in solche, welche die Angabe der von den motorischen Körpern (Muskeln, Wasser, Dampf, Luft, beziehungsweise Brennstoff etc.) zur Verfügung gestellten Energie zur Aufgabe haben und solche welche zur Ermöglichung eines Vergleiches den Nutzeffekt und die Effektverluste bestimmen. In allen Fällen handelt es sich um die Messung der in Frage kommenden Grössen, weil nur auf diesem Wege der Wirklichkeit entsprochen werden kann, weshalb denn auch die Methode der Messung am weitesten entwickelt ist. Die mechanischen Mittel, welche zur Messung der verschiedenen Arbeitsformen dienen und in einem späteren Abschnitte behandelt werden, bieten naturgemäss eine grosse Mannigfaltigkeit dar, weil sie sich eben diesen Formen anzupassen haben. Indem bei den zum Messen mechanischer Arbeiten dienenden Instrumenten die Kraftmessung die Hauptsache zu sein pflegt, werden sie gewöhnlich als Dynamometer und die durch sie gewonnenen Resultate als dynamometrische Effekte bezeichnet. — Besonders hervorzuheben sind unter den Dynamometern die sog. Indikatoren, welche namentlich die Bestimmung haben diejenige Arbeit ausfindig zu machen, welche durch den gespannten Dampf in den Cylindern der Dampfmaschinen geleistet wird und deswegen von grosser Bedeutung ist, weil sie ein Mittelglied

bildet zwischen dem Effekt des Dampferzeugers und dem Nutzeffekt der Dampfmaschine. Um die mittels des Indikators gefundene Arbeitsleistung von der eigentlichen Nutzleistung zu unterscheiden, bezeichnet man sie besonders als indizirte Arbeit (indizirte Pferdestärken) im Gegensatz zu der wirklichen Nutzleistung (effektive Arbeit, effektive Pferdestärken).

Zweiter Abschnitt.

Wärmekraftmaschine.

Die Wärmekraftmaschinen beruhen auf der Eigenschaft der Wärme die Körper auszudehnen oder zusammenzuziehen je nachdem sie denselben zugeführt oder entzogen wird, so dass die Wärme aufnehmenden und abgebenden Körper eine Zustandsänderung erfahren entsprechend einem Kreisprozesse (S. 481), indem sie in den Anfangszustand zurückkehren. Wird denselben dabei mehr Wärme mitgeteilt als entzogen, so wird die überschüssig mitgeteilte Wärme als äussere Arbeit gewonnen und diese als Arbeit der Ausdehnung oder der Expansion benutzbar.

Da nun sowohl feste als unverändert bleibende nicht sich verflüchtigende tropfbar flüssige Körper (Wasser, Öl, Quecksilber) nur eine verhältnismässig kleine Expansion zulassen und aus dem Grunde zur Erzeugung einer grösseren Expansionsarbeit in hohem Grade ungeschickt sind, so dienen als Träger des Arbeitsvermögens in den Wärmekraftmaschinen ausschliesslich Körper von luftförmig flüssigem Zustande, da diese allein einer genügend grossen Expansion fähig sind und daher grosse Volumenänderungen zulassen. In erster Linie kommen daher hier in Betracht Wasserdampf und atmosphärische Luft, weil diese Arbeitsträger sich überall genügend beschaffen lassen. Ausserdem stehen in Verwendung verschiedene vergasbare Flüssigkeiten (Benzin, Petroleum) sowie künstlich erzeugte Gase (Leuchtgas, Halbwassergas etc. S. 324); auch ist in neuester Zeit fein verteilte Kohle (Kohlenstaub) in Vorschlag gebracht.

Diesen motorischen Körpern entsprechend pflegt man die Wärmekraftmaschinen einzuteilen in:

1. Dampfmaschinen;
2. Luftmaschinen (Heissluftmaschinen);
3. Gasmaschinen;
4. Benzin-, Petroleum- etc. Kraftmaschinen.

Gelangt in der Wärmekraftmaschine die Arbeitsflüssigkeit in der Weise zur Verwendung, dass sie den der Maschine eigentümlichen Kreisprozess unausgesetzt durchläuft z. B. bei einer Dampfmaschine, in welcher der gebrauchte Wasserdampf stets von neuem dem Dampfkessel zugeführt wird, so nennt man wohl diese Kraftmaschine eine geschlossene gegenüber einer offenen, bei welcher die Arbeitsflüssigkeit nach Abgabe der Arbeit entweicht und daher unausgesetzt erneuert werden muss. Demgemäss gehört z. B. eine Dampfmaschine mit einem Kondensator und einer Vorrichtung zum Einbringen des kondensirten Dampfes in den Kessel zu den geschlossenen, die sog. Auspuffmaschine zu den offenen Wärmekraftmaschinen.

Die gewonnene Arbeit der Wärmemaschinen wird (S. 481) durch eine

Fläche dargestellt, welche von der zugehörenden Zustandskurve eingeschlossen wird, beziehungsweise durch das Produkt: Wärmegewicht mal Temperaturgefälle (S. 483). Wegen der unvermeidlichen Wärmeverluste durch Leitung, Strahlung, Entweichen von Wärmeflüssigkeit, durch Reibung und andere passive Widerstände, sowie wegen der Abweichung des Verlaufes, den die Zustandsänderung gegenüber dem theoretischen Kreisprozesse nimmt, bleibt der Nutzeffekt L_1 der Wärmekraftmaschine hinter dem absoluten Effekt L zurück. Insofern als es sich hierbei um das Verhältnis der der wirklichen Zustandsänderung entsprechenden Arbeit zu derjenigen der theoretischen handelt, spricht man von einem kalorischen Wirkungsgrad.

Die S. 483 erörterte Beziehung $L = S (T - T_1)$, welche natürlich für alle Wärmekraftmaschinen gilt, weist darauf hin, dass die aus der Wärme zu gewinnende Arbeit um so grösser ausfällt, je grösser die Differenz $T - T_1$ ist. Da diese Differenz um so grösser wird, je höher T und niedriger T_1 liegt, so folgt daraus, dass die Leistung einer Wärmekraftmaschine in Bezug auf die Ausbeute der Wärme gesteigert werden kann, wenn man die erzeugte Wärme bei der höchsten Temperatur zuführt und bei der niedrigsten Temperatur ableitet.

Wenn nicht künstliche, stets ebensoviel Arbeitsaufwand fordernde als Wirkung erzielende, Abkühlung angewendet wird, so erreicht die niedrigste Temperatur T_1 die Grenze in der Temperatur, welche der Wärme aufnehmende Körper z. B. das Kühlwasser besitzt, weshalb diese Temperaturgrenze praktisch nicht erheblich mehr verschoben werden kann. Eine Erhöhung der Wirkung ist daher nur möglich durch eine Wärmezufuhr bei vermehrter Temperatur. Da die für Wärmekraftmaschinen verwendete Wärme aber ausschliesslich durch einen Verbrennungsprozess gewonnen wird, so liegt die Grenze von T bei derjenigen Temperatur, welche bei der Verbrennung entsteht. Demnach ist man bestrebt die Wärmekraftmaschinen nach dieser Richtung auszubilden, d. h. sie nach dem Grundsatz zu konstruiren: die Wärmezufuhr bei den höchsten praktisch zulässigen und anwendbaren Temperaturen zu bewerkstelligen.

Erste Gruppe.

Dampfmaschinen.

Nach den obigen Erklärungen ist unter Dampfmaschine jede Kraftmaschine zu verstehen, bei welcher behufs Verrichtung von Arbeit als Arbeitsflüssigkeit Flüssigkeitsdampf zur Verwendung kommt, in dem durch Wärmezufuhr ein Arbeitsvermögen aufgespeichert ist. — In der Technik beschränkt man diesen Begriff jedoch insofern, als man mit Dampfmaschine eine Kraftmaschine bezeichnet, die das Arbeitsvermögen des Wasserdampfes in ganz bestimmter Weise aufnimmt und abgiebt, nämlich mittelst eines Kraftaufnehmers. — Dieser Beschränkung gemäss zählt man Vorrichtungen, in welchen der Dampf direkt zur Wirkung gelangt z. B. in den Strahlern und den sog. Pulsometern zum Heben von Wasser und in den sog. Monte-jus zum Heben von Säften etc. nicht zu den Dampfmaschinen.

Indem nun der gespannte Dampf entweder durch Reaktion infolge

Ausströmens aus passend angebrachten Öffnungen oder durch Druck gegen bestimmt angeordnete Organe zur Wirkung gebracht werden kann, ist eine verschiedene Gestaltung des Kraftaufnehmers bedingt.

Für den ersten Fall besteht der Kraftaufnehmer aus einem Systeme von Röhren, das mit einer gemeinschaftlichen Drehachse derart d. h. nach Art des bekannten Segner'schen Wasserrades, verbunden ist, dass der ausströmende Dampf dasselbe mit der Achse in Umdrehung versetzt (Dampfturbinen). Der hiedurch gekennzeichnete Dampfmotor ist eine Nachbildung der Turbinen aber deshalb zu einer praktischen Bedeutung nicht gelangt, weil es nicht möglich ist, damit einen befriedigenden Erfolg zu erzielen.

Für den zweiten Fall besteht der Aufnehmer aus einem in einen dampfdichten Raum eingeschlossenen Körper, der durch den Dampfdruck verschoben und dadurch geeignet wird, das Arbeitsvermögen des Dampfes aufzunehmen und fortzupflanzen. Der dampfdichte Raum hat dabei aus Zweckmässigkeitsgründen die Form eines Cylinders. Der Aufnehmer bekommt entweder die Gestalt einer Schaufel und ist mit einer in der geometrischen Achse des Cylinders liegenden Drehachse verbunden, so dass der Dampf durch seinen Druck gegen die Schaufel ohne Zwischenmittel die Drehachse in Drehung versetzt (direkt rotirende Dampfmaschine). Oder der Aufnehmer besteht aus einer kreisrunden Scheibe (Kolben, Dampfkolben), die sich an die innere Wand des Cylinders (Dampfcylinder) anschliesst und durch den Dampfdruck in dem letzteren von einer Stange geführt eine Bewegung längs der Achse (eine Hin- und Herbewegung) erhält. — Da aus bereits S. 15 erörterten Gründen die Drehbewegung der Hin- und Herbewegung gegenüber überall, wo es zulässig ist, bevorzugt wird, so erklärt sich hieraus ohne weiteres das Bestreben, direkt rotirende Dampfmaschinen zu schaffen. Allein auch hier sind bis jetzt nur sehr geringe Ergebnisse zu verzeichnen, weshalb die mit hin- und herbewegten Kolben ausgestatteten Dampfmaschinen (Kolben-Dampfmaschinen) die Regel bilden, und kurzweg unter „Dampfmaschinen" Kolbenmaschinen verstanden werden.

Als Mittel zur Umsetzung der Hin- und Herbewegung des Kolbens in eine Drehbewegung verwendet man die Kurbel oder die Kurbelachse (S. 31 u. f.) in Verbindung mit Schubstangen und Kolbenstangen und oftmals unter Einschaltung eines Balanziers. Diejenigen Dampfmaschinen, bei welchen der Kolben mittels Kolbenstange und Schubstange direkt auf die Kurbel wirken, werden auch wohl Kurbelmaschinen genannt, gegenüber Balanziermaschinen, welche noch einen Balanzier als vermittelndes Glied besitzen.

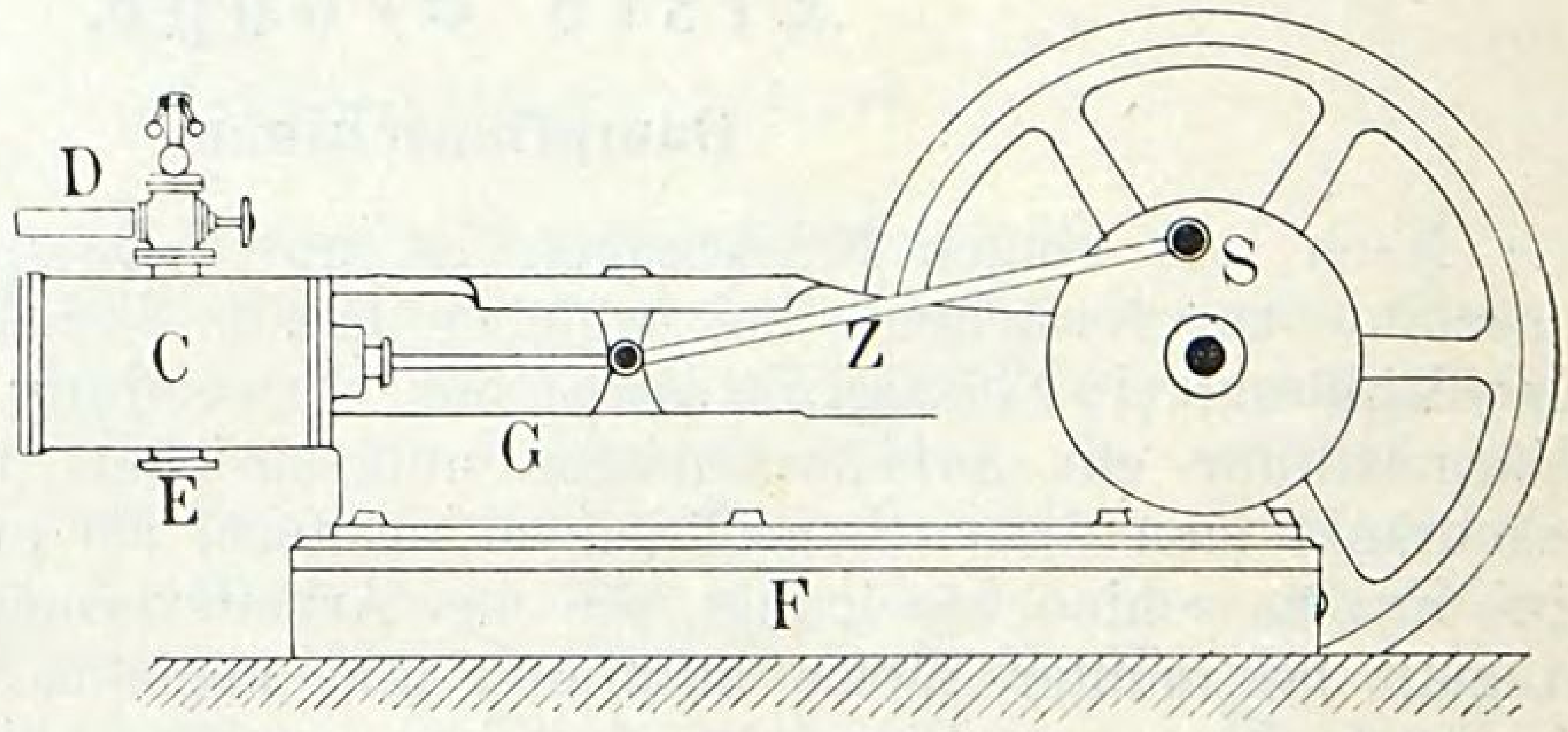


Fig. 419.

Die gewöhnliche Kurbeldampfmaschine besteht denn nach Fig. 419 aus einem Dampfcylinder C mit Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf mit Gerade-

führung, Schubstange Z, Kurbel S, Gestell G, Fundament F, Dampfzuführung D und Dampfabführung E.

Infolge der leichten Beschaffung der für den Betrieb der Dampfmaschine erforderlichen Grundstoffe „Wasser und Brennmaterial" ist die Möglichkeit gegeben, Dampfmaschinen unabhängig von Naturereignissen (Einfrieren des Wassers bei Wasserkraftmaschinen, Windstille bei Windmühlen u. s. w.) überall und zu jeder Zeit in Anwendung zu bringen. — Daneben macht es keine Schwierigkeiten Dampferzeuger und Dampfmotor derart mit einander zu vereinigen, dass die ganze Dampfmaschinenanlage von einem Orte zu einem andern gebracht werden kann (Transportable Dampfmaschine, Lokomobile, Lokomotive). — Ferner gestattet die Natur der Kraftquelle eine Anwendung derselben in fast beliebiger Grösse, also die Beschaffung sowohl von Klein- als Grosskraftmaschinen, und die Natur der Konstruktion ein Anpassen dieser Kraftmaschine an alle denkbaren Verhältnisse und Gebrauchszwecke. — Es kann daher diesen Eigentümlichkeiten und grossen Vorteilen entsprechend, ebensowenig die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der, den verschiedenen Bedürfnissen entsprungenen Formen und Grössen der Dampfmaschinen, als die Entwicklung und Vervollkommnung auffallen, welche gerade diese Kraftmaschine in Wechselwirkung mit der Technik und deren Grundlagen (Physik und Mechanik) aufweist.

Erstes Kapitel.

Wirkung des Dampfes.

Von grösster Bedeutung ist natürlich die Art, in welcher der Dampf in der Dampfmaschine zur Wirkung gelangt. — Dazu sei bemerkt, dass die Anwendung gesättigten Dampfes (S. 278) die Regel bildet und nur ausnahmsweise überhitzter Dampf (S. 278) beim Dampfmaschinenbetriebe gebraucht wird, weil die hiermit verbundenen hohen Temperaturen auf einzelne Teile z. B. Schmiermittel höchst ungünstig einwirken.

Sehr verschieden ist die in Dampfmaschinen vorkommende Spannung (S. 277) insofern als dieselbe bis 12 und mehr Atmosphären Überdruck beträgt. — Man pflegte früher demgemäss die Dampfmaschinen gewöhnlich einzuteilen in

1. Niederdruckmaschinen, wenn die Spannung bis 0,5 Atm. Überdruck,
2. Mitteldruckmaschinen, „ „ „ „ 3,0 „ „
3. Hochdruckmaschinen, „ „ „ über 3,0 „ „

beträgt.

Tritt der Dampf nur auf die eine Seite des Kolbens und verdrängt diesen nach nur einer Richtung, während die umgekehrte Bewegung des Kolbens nicht durch Dampfdruck sondern durch andere Mittel z. B. Gewicht bewirkt wird, so nennt man die Dampfmaschine einfach wirkend gegenüber der doppelt wirkenden, bei welcher beide Bewegungen des Kolbens durch Dampfdruck erfolgen. — Einfach wirkende Dampfmaschinen finden häufig Verwendung, wenn bezweckt wird Gewichte (Lasten) zu heben z. B. bei Pumpen mit Gestängen, bei Rammaschinen, Dampfhämmern u. s. w., wobei die schweren Gestänge und Bären beim Niederfallen den Kolben unter gleichzeitigem Wegdrängen des Dampfes zurückbewegen. Die Regel

bilden indess die doppelt wirkenden Maschinen, da sie begreiflicherweise eine grössere Regelmässigkeit in der Bewegung gewähren, wenn diese keine absetzende sondern eine ununterbrochene werden soll.

I. Volldruck- und Expansionsmaschinen.

Strömt der Dampf während der ganzen Bewegung, also der ganzen Wegeslänge des Kolbens unverändert d. h. unter gleicher Spannung ein, so nennt man diesen Vorgang die Volldruckwirkung und eine auf diesem Vorgang beruhende Maschine Volldruckdampfmaschine.

Bezeichnet man die Spannung des Dampfes (S. 280) mit p, die innere Querschnittsfläche des Cylinders (Fig. 420) vom Durchmesser D mit $F = \frac{D^2 \pi}{4}$ und die Länge, um welche sich der Kolben k innerhalb des Cylinders verschieben kann mit l, so beträgt die bei einer Kolbenbewegung geleistete Dampfarbeit:

$$L = p F l$$

wenn alle Nebenhindernisse, sowie der auf der anderen Seite des Kolbens vorhandene Gegendruck unberücksichtigt bleiben.

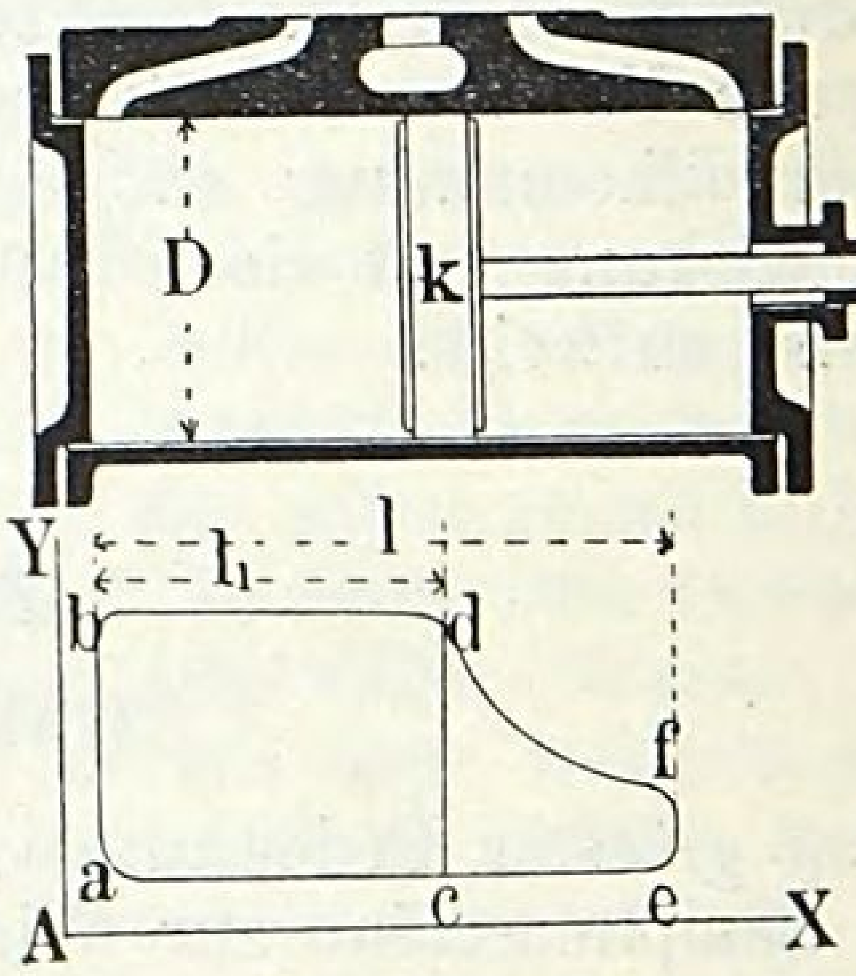


Fig. 420.

Die für jede einzelne Kolbenbewegung verbrauchte Dampfmenge wird durch das Volumen des Cylinders (ganze Füllung) bestimmt und bemisst sich demgemäss zu:

$$V = F l$$

Gelangt nun dieser Dampf nach seiner Wirkung ohne weiteres aus dem Cylinder, so besitzt derselbe natürlich noch ein Arbeitsvermögen, welches seiner Spannung beziehungsweise Temperatur entspricht, aber nicht zur Wirkung kommt, so dass mit dem gespannten Dampfe um eine so grössere Menge Arbeitsvermögen in Verlust geht, je höher die Spannung des austretenden Dampfes ist.

Der in einem Dampfcylinder vorhandene gespannte Dampf wird aber auch nach Abschluss der Dampfzufuhr vor Vollendung des ganzen Kolbenweges, vermöge der ihm innewohnenden Spannung, den Kolben so lange fortschieben, bis die bewegende und die widerstehende Kraft ins Gleichgewicht gekommen sind oder bis der Kolbenbewegung durch die Cylinderlänge ein Ziel gesetzt wird. Hierbei wirkt offenbar der Dampf nach dem Mariotte'schen Gesetze, indem er sich, unter Abgabe von Arbeit an den Kolben, ausdehnt (expandirt). Wenn man deshalb an einem Dampfcylinder eine Anordnung trifft, welche die Dampfzuströmung unterbricht, nachdem der Kolben erst einen Teil seines Weges zurück gelegt hat, während der Rest des Kolbenweges unter Ausdehnung (Expansion) und damit verbundener Spannungsabnahme nebst Arbeitsübertragung des eingeschlossenen Dampfes zurückgelegt wird, so steigert man die Ausnutzung des Dampfes, indem man mit derselben Dampfmenge eine grössere Arbeitsleistung erzielt. Die mit solcher Wirkung (Expansions-

wirkung) ausgestatteten Dampfmaschinen bilden die Expansionsmaschinen.

Bezeichnet man mit l (Fig. 420) den ganzen Kolbenweg, mit l_1 denjenigen Teil des Weges, den der Kolben unter dem vollen Drucke p des Dampfes zurückgelegt hat und trägt den Druck p = a b als Ordinate sowie die Wegeslängen l_1 = a c und l = a e als Abszissen auf, so stellt für die Kolbenfläche F = 1 das Rechteck a b d c = p l_1 diejenige Arbeit dar, welche der Dampf während der Volldruckperiode leistet.

Lässt man darauf den Dampf weiter durch Expansion wirken, bis der Kolben den Weg l = a e zurückgelegt und die Dampfspannung sich von p auf p_1 = e f vermindert hat, so ist von demselben Dampfe noch eine Arbeit geleistet, welche durch den Inhalt der Fläche c d f e dargestellt wird, wenn die Kurve d f die Linie der Druck- oder Spannungsabnahme ist (Arbeit der Expansionsperiode).

Die Gesammtarbeit, welche der Dampf in diesem Fall verrichtet hat, findet daher ihr Maass in der Figur a b d f e = a b d c + c d f e. Hieraus ist nun zu erkennen, dass eine bestimmte Dampfmenge in einer Expansionsmaschine mehr leistet, als in einer Volldruckmaschine und der Grund zugleich erklärt, weshalb die Expansionsmaschinen die Regel, die Volldruckmaschinen die Ausnahme bilden.

Je nach der Grösse des Kolbenweges während der Volldruck- und der Expansionsperiode bestehen verschiedene Verhältnisse zwischen der Volldruck- und Expansionsarbeit, welche man durch Füllungsgrade bezeichnet und durch Brüche angiebt, die das Verhältnis zwischen dem Volldruckswege und dem ganzen Wege darstellen, also durch $l_1 : l$. Demgemäss spricht man von ganzer, halber, drittel, viertel u. s. w. Füllung je nachdem

$$\frac{l_1}{l} = \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5} - \frac{1}{6} \cdot \cdot \cdot \frac{1}{12}$$

Unter der Annahme, dass während der Expansionsperiode die Drücke des Dampfes sich nach dem Mariotte'schen Gesetze ändern und dass keine Gegendrücke vorhanden sind (z. B. bei vollkommener Kondensation des austretenden Dampfes) ergeben sich für die verschiedenen Füllungsgrade von $\frac{1}{1}$ bis $\frac{1}{10}$ folgende Grössen für die Expansionsarbeiten

Füllung . . .	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
Expansionsarbeit	0,000	0,693	1,099	1,368	1,609	1,729	1,946	2,079	2,179	2,303
Gesammtarbeit .	1,000	1,693	2,099	2,368	2,609	2,729	2,946	3,079	3,179	3,303

Aus dieser kleinen Tabelle ist also zu erkennen, dass z. B. bei $\frac{1}{4}$ Füllung oder vierfacher Expansion mit derselben Dampfmenge das 2,368fache an Arbeit geleistet wird.

Verfolgt man den Vorgang in einer Expansionsmaschine, so findet man u. a. dass sich während der Expansionsperiode nach Maassgabe der Arbeitsleistung der Dampf und damit die innere Cylinderwand um so stärker abkühlt, je grösser die Expansion ist, was zur Folge hat, dass der frisch eintretende Dampf zum Teil kondensirt oder zur Wiedererwärmung

der Cylinderwand benutzt, also der Arbeitsleistung entzogen wird und einen Verlust an Nutzarbeit herbeiführt.

Ferner gehört es zu den Eigentümlichkeiten dieser Maschinengattung, dass während der Expansionsperiode der Druck des Dampfes auf den Kolben ununterbrochen abnimmt und dass infolge dieser Abnahme der Triebkraft eine entsprechende Unregelmässigkeit in der Kolbenbewegung eintritt, die Ursache eines unregelmässigen Ganges der Maschine wird, dessen Beseitigung um so grössere regulirende Massen (z. B. Schwungräder) notwendig macht je stärker der Expansionsgrad ist.

Um nun einerseits die Vorteile einer möglichst starken Expansion nicht aufgeben zu brauchen und doch andererseits die damit zusammenhängenden Nachteile, zunächst diejenigen der Abkühlung, auf das geringste Maass zurückführen zu können, ist der Gedanke ausgebildet den Dampf der Reihe nach in mehreren Cylindern durch Expansion zur Wirkung zu bringen.

Neben den Unregelmässigkeiten, welche in den Expansionsmaschinen durch die Druckabnahme hervorgerufen werden, ist von weiterem grossem Einfluss auf den regelmässigen Gang der Maschinen der Wechsel der Drehmomente und der Massenbeschleunigung, welcher mit der Übertragung der Schubstangenbewegung auf die Kurbelwelle vermittelst der Kurbel verbunden ist und demnach bei allen Maschinen und in sehr ungünstiger Weise auftritt. Begreiflicher Weise hat man auch diese Unregelmässigkeiten auszugleichen gesucht und so sind Dampfmaschinensysteme entstanden, welche bestimmt sind die Unregelmässigkeiten der Kurbelbewegung und die durch die Expansion bedingten Geschwindigkeitsabweichungen auszugleichen. Indem man sich nun entweder auf die Beseitigung dieser Unregelmässigkeiten beschränkt oder sie zugleich mit den Vorteilen einer weit gehenden Expansion vereinigt, erhalten die auf die genannten Vorteile hinzielenden Systeme verschiedene Konstruktionsgrundlagen.

1. Um eine Ausgleichung in der Kurbelbewegung hervorzubringen, ordnet man u. a. zwei Cylinder in der Weise an, dass (Fig. 421) die Kurbel des einen Cylinders 1 sich in der wirksamsten Stellung a befindet während die Kurbel des anderen Cylinders 2 in der Todlage b steht d. h. man verstellt die Kurbeln auf der Treibachse gegen einander um 90°. Dadurch werden die treibenden Kräfte ausgeglichen, indem die eine derselben bei a am günstigsten angreift, wenn die andere bei b in der ungünstigsten Angriffsstellung ist, während in den Mittelstellungen c und d sowie e und f etc. die Drehmomente zusammenwirken. Maschinen dieser Art heissen Zweicylinder- oder Zwillingsmaschinen. — Da derselbe Erfolg auch mit einer Kurbel K (Fig. 422) erzielt werden kann, wenn die beiden Cylinder A und B auf dem Gestell G derart gelagert werden, dass ihre Achsen um 90° gegen einander geneigt sind und der Angriff durch die zwei Schubstangen 1 und 2 erfolgt, so wird diese Anordnung mitunter der Platzersparung wegen gewählt (Schiffsmaschinen).

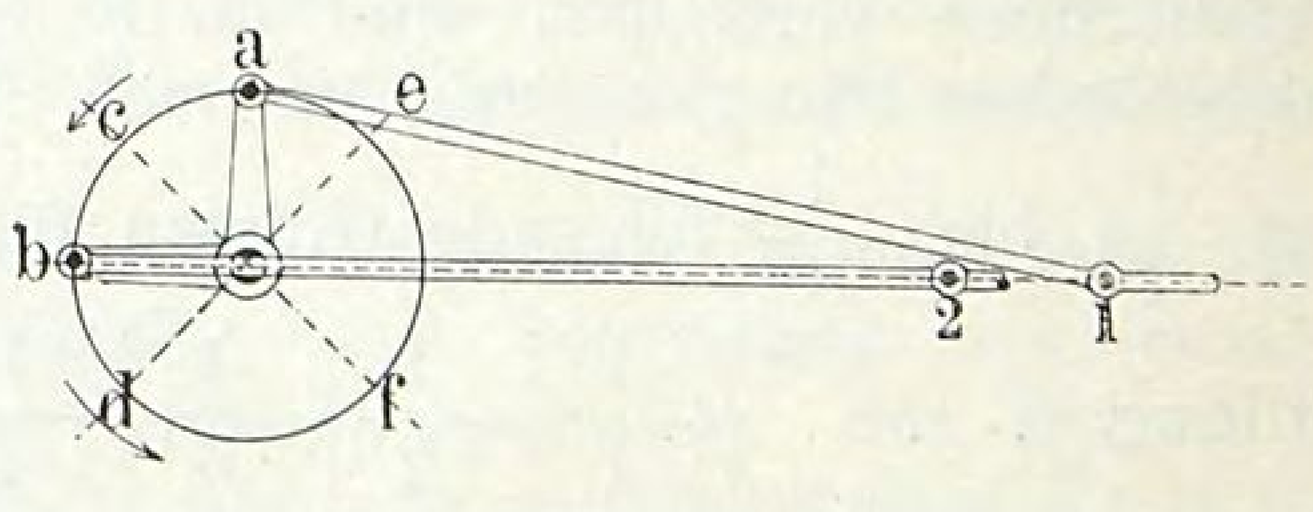


Fig. 421.

In einzelnen Fällen sind auf demselben Prinzipe beruhende Maschinen in drei Cylindern (Dreicylinder- oder Drillingsmaschinen) zur Verwendung

gekommen, bei welchen die drei Cylinder neben einander liegen und an drei Kurbeln angreifen, die um 120⁰ gegen einander verstellt sind. Besonders geeignet sind diese Dampfmaschinen zur Bewältigung grosser periodisch wiederkehrender Widerstände z. B. bei Walzwerken als Walzenzugmaschinen. — Für kleine Kraftentfaltung werden die drei Cylinder auch wohl nach dem durch Fig. 422 erläuterten Beispiel, so um eine Kurbelachse verteilt, dass ihre Achsen um 120⁰ gegen einandergeneigt liegen und ihre Schubstangen an einer Kurbel angreifen.

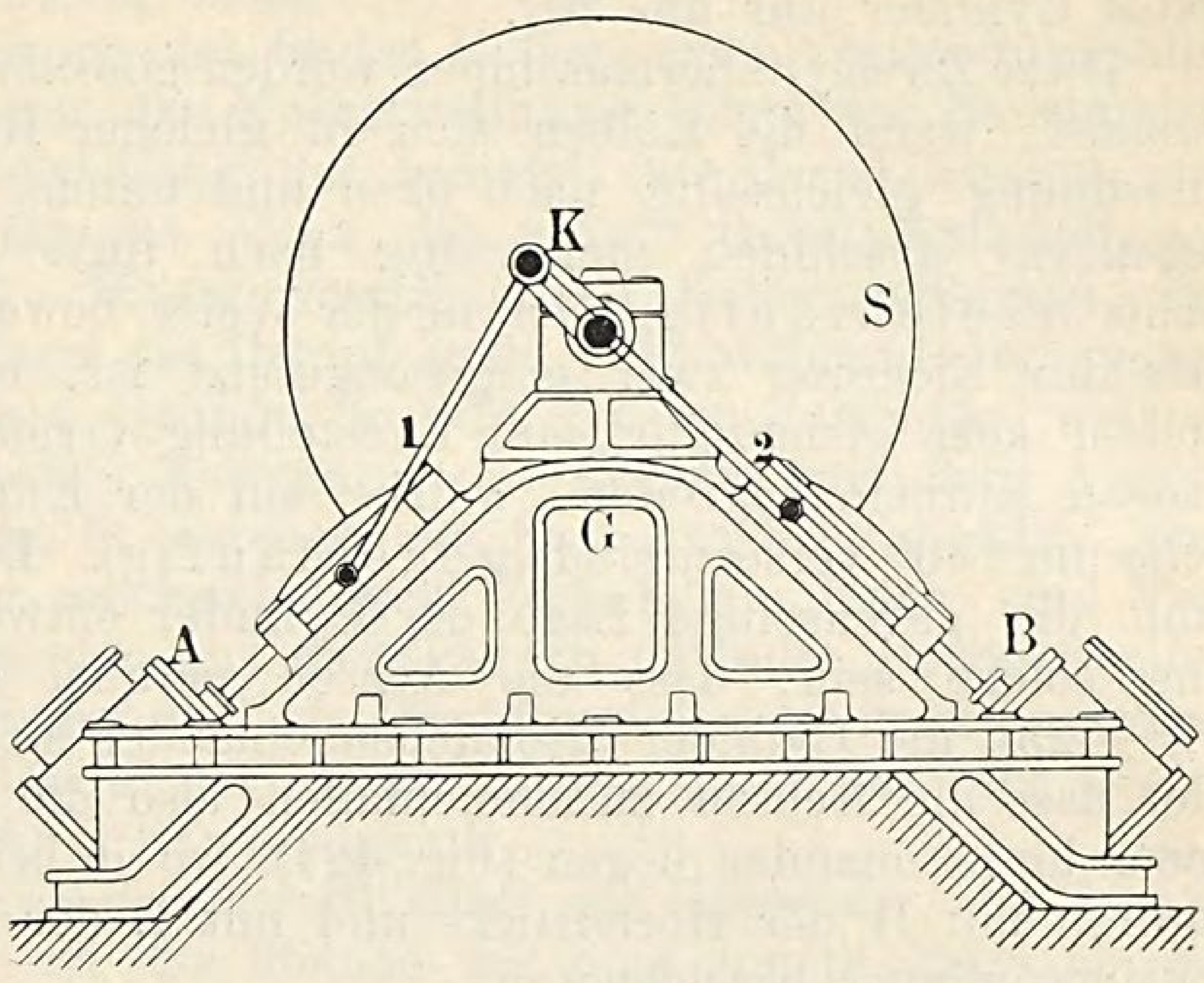


Fig. 422.

Sowohl die Zwei- als die Dreicylindermaschinen mit verstellten Kurbeln zeichnen sich dadurch aus, dass sie eigentlich keine Todpunktlage besitzen, dass sie daher ohne besondere Vorbereitung d. h. nur durch Einlassen des Dampfes in den entsprechenden Cylinder bei jeder Ruhelage in Bewegung zu setzen sind, was bei Eincylindermaschinen in der Todlage unmöglich ist. Die bemerkenswerte Eigentümlichkeit kommt namentlich in solchen Betriebsarten zur Geltung, in welchen bei allen Kolbenstellungen eine Ingangsetzung, sowie eine Bewegungsumkehr gefordert wird (Lokomotiven, Dampfschiffen, Kehrwalzwerken etc.)

2. Trifft man bei einer Dampfmaschine eine Einrichtung, vermöge welcher der in einem Cylinder gebrauchte Dampf in einen zweiten Cylinder eintreten und in diesem durch Expansion weiter wirken kann, so entsteht die Zweicylinderexpansionsmaschine. Diese Maschinengattung gestattet ohne die grossen Nachteile der Eincylindermaschinen (Abkühlung der Cylinderwände) eine hohe Expansion also eine sehr günstige Dampfausnutzung. — Unter der Annahme, dass die zwei Cylinder gleiche Länge haben, und dass der mit frischem Dampfe gespeiste Cylinder (Hochdruckcylinder) ein Dampfvolumen V aufnimmt, erfolgt in dem zweiten Cylinder (Expansionscylinder) vom Volumen V_1 eine Expansion von V auf V_1 also z. B. auf das vierfache, wenn $V_1 = 4$ V also das Volumen des zweiten Cylinders viermal grösser ist als dasjenige des ersten. Weil nun aber nicht ausgeschlossen ist in dem Hochdruckcylinder ebenfalls eine Expansionswirkung, wie bei einer Eincylindermaschine, eintreten zu lassen, so kann man durch Vereinigung beider Expansionen, die Expansionswirkung noch weiter steigern. Findet z. B. im ersten Cylinder eine zweifache und im zweiten Cylinder eine vierfache Expansion statt, so beträgt die Gesammtexpansion das $2 \cdot 4 = 8$fache. Ist hierbei die Anfangsdampfspannung p gleich 6 Atm. so tritt der Dampf nach zweifacher Expansion mit einer Spannung von 3 Atm. in den zweiten Cylinder um diesen sodann mit einer Spannung von $^3/_4$ Atm. zu verlassen. Dabei vermindert sich, von Neben-

umständen ganz abgesehen, nach S. 280 im ersten Cylinder die Temperatur von 164° auf 142° und im zweiten Cylinder von 142° auf 115°, also im ersten Cylinder nur um 20°.

Diese Zweicylindermaschinen werden gewöhnlich Woolf'sche Maschinen genannt, wenn die Kolben sich in gleicher Richtung also bei stehender Anordnung gleichzeitig nach oben und unten, bei liegenden Maschinen gleichzeitig nach links und rechts (gleichläufig) oder in der Weise bewegen, dass ihre Richtung zwar entgegengesetzt ist, beide Kolben aber gleichzeitig ihre Endstellung erreichen also an Kurbeln angreifen, welche auf der Kurbelwelle um 180° versetzt sind (gegenläufig). Dabei kann die gegenseitige Lage der Cylinder entweder eine solche sein, dass die Achsen parallel sind (Fig. 423), die Cylinder also neben einander stehen, oder dass die Achsen zusammenfallen also die Cylinder hintereinander liegen (Fig. 424), wo in beiden Figuren mit H der Hochdruck- und mit E der Expansionscylinder bezeichnet ist.

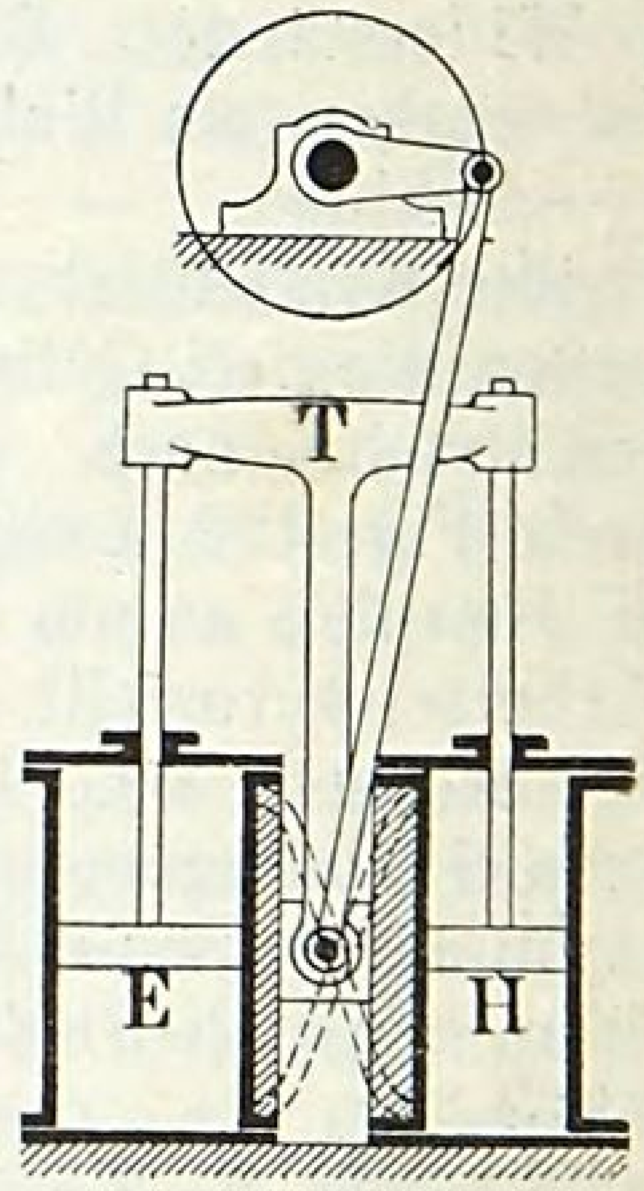


Fig. 423.

Die Übertragung der Kolbenbewegung auf die Kurbelwelle erfolgt im ersten Fall entweder mittels zweier gleichgestellter beziehungsweise um 180° versetzter Kurbeln oder mittels einer Kurbel unter Einschaltung einer Traverse T (Fig. 423). Im zweiten Fall kann die Bewegung selbstverständlich nur mittels einer Kurbel (Fig. 424) übertragen werden. —

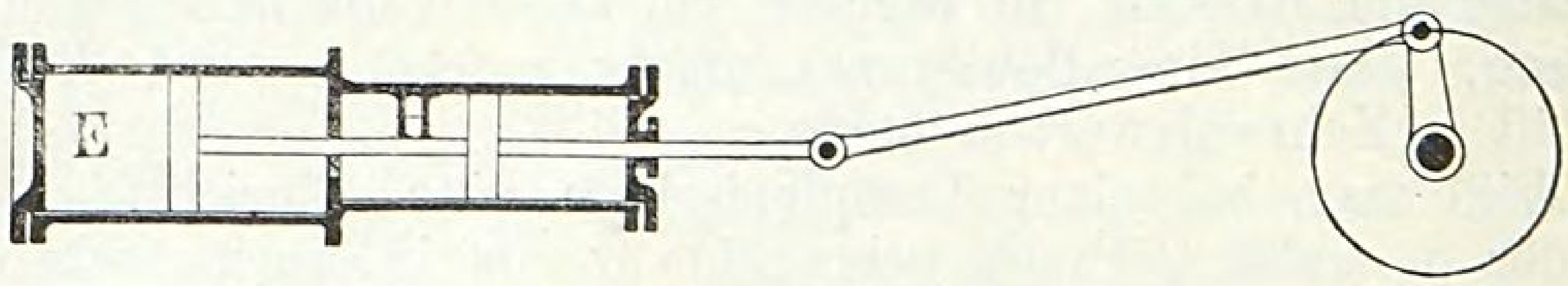


Fig. 424.

In keinem Fall bietet daher die Woolf'sche Maschine bezüglich der Ingangsetzung und des gleichmässigen Ganges die Bequemlichkeit und die Vorteile der Zwillingsmaschine mit zwei um 90° versetzten Kurbeln.

3. Verwendet man jedoch nach Art der Woolf'schen Maschine einen Hochdruckcylinder H (Fig. 425) und einen Expansionscylinder E und überträgt die Arbeit beider Cylinder auf die Kurbelwelle w mittels zweier Kurbeln k und k₁ welche um 90° gegen einander versetzt sind, so vereinigt man offenbar in sehr günstiger Weise die mit der Expansion zusammenhängende höhere Dampfwirkung des einen Systems mit der vorteilhafteren Übertragung der Arbeit auf die Kurbelwelle des anderen Systems.

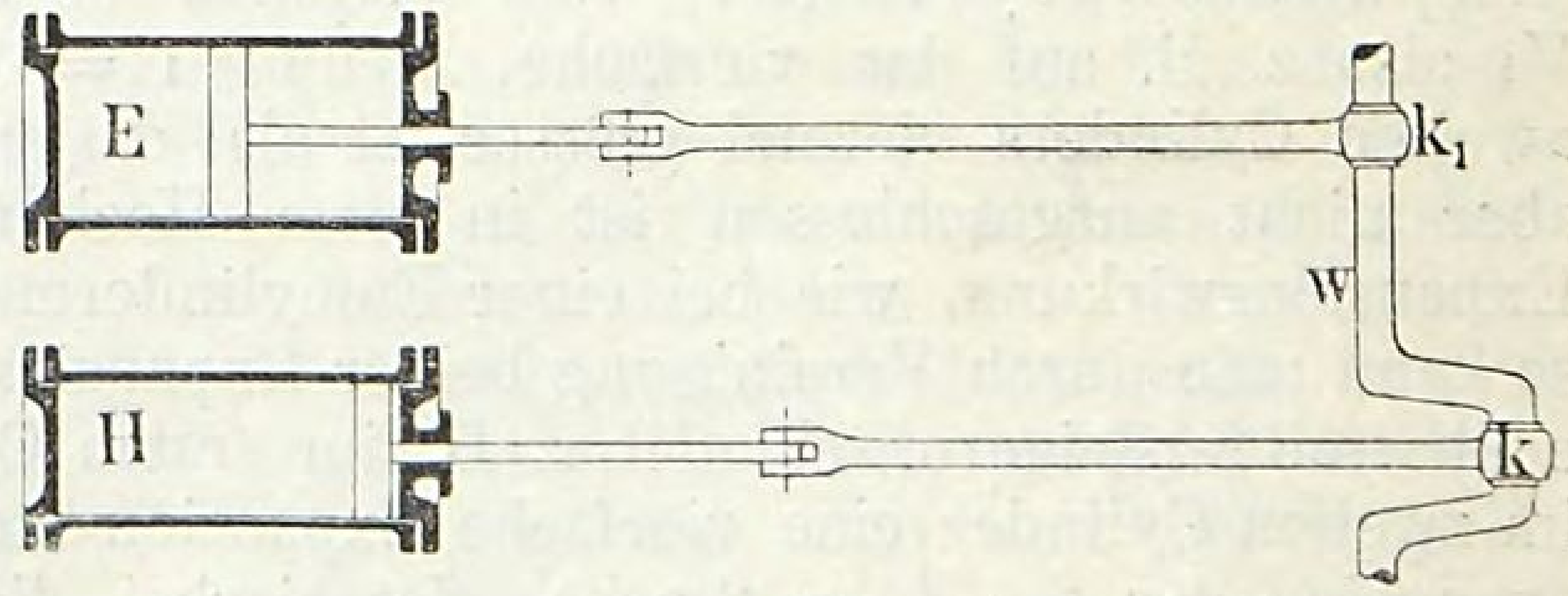


Fig. 425.

Diese Vereinigung liegt demjenigen neuesten Systeme von Dampfmaschinen zu Grunde, welche den Namen Kompoundmaschinen oder Verbundmaschinen erhalten haben.

Verfolgt man die Bewegung der beiden Kolben einer Verbundmaschine so erkennt man, dass wegen der Kurbelstellungen stets der Endstellung des einen Kolbens die Mittelstellung des anderen (wechselläufig) und der kleinsten Geschwindigkeit des einen die grösste Geschwindigkeit des anderen Kolbens entspricht. Dieser verschiedenen Kolbenstellungen und Geschwindigkeiten halber kann der Dampf auch nicht während des ganzen Kolbenweges aus dem kleinen Cylinder in den grossen strömen, weil er in diesem eine entgegengesetzte Bewegung des Kolbens von dem Augenblicke an hervorrufen würde, in welchem die Kolbenumkehr eintritt. Aus diesem Grunde ist bei den wechselläufigen Verbundmaschinen eine Vorrichtung notwendig, welche den aus dem kleinen Cylinder ausströmenden Dampf vorübergehend aufnimmt also als Dampfsammler dient und gewöhnlich Aufnehmer oder Receiver genannt wird; woher der Name Kompound-Receiver-Maschine stammt.

Der Receiver ist ein cylindrischer Behälter aus Gusseisen oder Kesselblech, der mit einem Ende an den kleinen mit dem andern Ende an den grossen Cylinder angeschlossen ist und das ein- bis dreifache Volumen des Hochdruckcylinders besitzt.

Um eine Verdichtung des durchströmenden Dampfes zu verhindern wird der Receiver mit Dampf geheizt und zwar entweder durch eine besondere Leitung aus dem Kessel oder durch Einschaltung des Receivers in die Betriebsdampfleitung in der Weise, dass der Dampf nach Durchströmung des Receivers in den Hochdruckcylinder gelangt. Als Heizfläche dient entweder ein Dampfhemd oder ein Röhrensystem nach Art der Vorwärmer (Fig. 343 S. 346) oder der Kondensatoren (Fig. 411 S. 465). Ausserdem ist der Receiver mit einer Isolirmasse gegen Abkühlung zu schützen und mit einem Kondensationswasserableiter zu versehen.

Da im allgemeinen kein Hinderniss besteht die Expansion statt auf zwei auch auf drei und selbst vier Cylinder auszudehnen und dadurch bis zur äussersten Grenze auszunutzen, so zieht man neuerdings vielfach Dreifach-Expansionsmaschinen den Zweifach-Expansionsmaschinen vor, wenn es sich um Maschinen mit sehr grossem Arbeitsvermögen handelt. Die Anordnung dieser Maschinen kommt in mehreren wesentlichen Abweichungen vor.

a. Alle drei Cylinder I, II, III sind nebeneinander (liegend oder stehend) angebracht; der Dampf strömt erst von I nach II dann von II nach III; jeder Kolben greift an einer besonderen Kurbel an, so dass die drei Kurbeln eine Verstellung gegeneinander um 120° zulassen.

b. Zwei Cylinder I und II liegen in einer Achse hintereinander, der dritte III befindet sich parallel daneben; der Dampf passirt die Cylinder I, II und III der Reihe nach; die Kolben von I und II besitzen eine gemeinschaftliche Kolbenstange und wirken auf eine Kurbel; der Kolben von III überträgt die Arbeit auf eine zweite Kurbel, so dass zwei Kurbeln mit 90° Verstellung vorhanden sind. Diese Anordnung besteht demnach aus einer Verbindung der Woolf'schen Maschine mit einem dritten Expansionscylinder.

c. Alle drei Cylinder liegen hintereinander; der Dampf durchströmt die Cylinder I, II, III in derselben Reihenfolge; die drei Kolben befinden sich auf einer gemeinschaftlichen Kolbenstange, welche die Arbeit mittels einer Kurbel auf die Kurbelwelle überträgt. In dieser Zusammenstellung bildet die Maschine nur eine Woolf'sche Maschine mit drei Cylindern (Tandemmaschine).

Bezeichnet man mit F, F_1 und F_2 die Kolbenoberflächen der drei zusammenarbeitenden Kolben, mit p, p_1 und p_2 die mittlere Spannung in den drei hierzu gehörenden Cylindern, so werden die Kolben sich nur dann mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, wenn die Beziehung stattfindet $p\,F = p_1\,F_1 = p_2\,F$. Hieraus geht hervor:

$$\frac{F}{F_1} = \frac{p_1}{p} \text{ und } \frac{F_1}{F_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

Demnach sind die Durchmesser der aufeinander folgenden Cylinder im allgemeinen in demselben Verhältnisse grösser zu machen, in dem die Dampfspannung abnimmt, weil nur dadurch diejenigen Unregelmässigkeiten im Gange einer Mehrcylindermaschine vermieden werden können, welche bei ungleicher Geschwindigkeit gleicher Kolben infolge der Dampfspannungsabnahme eintreten.

II. *Kondensatormaschinen.*

Zu einem vollständigen Spiel des Kolbens einer Dampfmaschine gehört nicht nur die Zuführung gespannten Dampfes auf der einen Kolbenseite, sondern auch die Abführung des Dampfes, der von der vorhergehenden Kolbenbewegung auf der anderen Kolbenseite nach seiner Wirkung im Cylinder zurückgeblieben ist und Abdampf genannt wird.

Dieser Abdampf besitzt im Augenblicke der Kolbenumkehr, je nach der ursprünglichen Dampfspannung und der Art der Dampfwirkung (ohne oder mit Expansion), selbst noch mehr oder weniger Spannung p_1 und wirkt demgemäss dem frischen Dampf von der Spannung p entgegen, so dass letzterer nur mit dem Überdruck $p - p_1$ zur Wirkung gelangen kann. Um zum Zwecke einer vorteilhaften Ausnutzung des Dampfes den Überdruck möglichst gross zu erhalten, ist zunächst dafür Sorge zu tragen, dass der Abdampf unmittelbar nach der Umkehr des Kolbens — oder streng genommen und daher auch allgemein eingeführt, bereits vor Vollendung des Kolbenweges — den Cylinder rasch zu verlassen beginnt.

Strömt der Abdampf nach dem Verlassen des Cylinders ohne weiteres unter den bekannten Stössen oder Puffen ins Freie, so nennt man die Maschinen Auspuffmaschinen.

Mit dem ins Freie abströmenden Dampf entweicht selbstverständlich auch die demselben innewohnende Wärme nutzlos, weshalb man begreiflicher Weise eine Nutzbarmachung dieser Wärme zu erzielen strebt. In manchen Fällen findet deshalb der Abdampf Verwendung als Heizdampf in den S. 440 u. f. beschriebenen Heizanlagen aller Art; in anderen Fällen leitet man den Dampf direkt zum Vorwärmen in Wasser z. B. Kesselspeisewasser. Bei allen diesen Anlagen ist zu berücksichtigen, dass der Abdampf auf seinen Wegen Widerstände findet, die unter Umständen durch einen

Gegendruck auf den Kolben den beabsichtigten Nutzerfolg nicht nur in Frage stellen, sondern mitunter sogar ins Gegenteil verwandeln, indem der durch den genannten Gegendruck hervorgerufene Nachteil grösser ist, als der durch die Wärmeabgabe gewonnene Vorteil.

Mitunter verwertet man den gespannten Abdampf als Zugbeförderungsmittel für Feuerungsanlagen (S. 328), welche aus gewissen Gründen entsprechend hohe Kamine nicht erhalten können und in naher Verbindung mit den Dampfmaschinen stehen z. B. bei Lokomobilen, Lokomotiven, Schiffsdampfmaschinen etc., indem man den Dampf durch ein Rohr (Blasrohr) ausströmen lässt, welches innerhalb der niedrigen Esse angebracht ist. Die lebendige Kraft des ausströmenden Dampfes erzeugt dabei einen starken Luftzug und eine Luftverdünnung, welche eine erhöhte Luftzufuhr durch den Rost zur Folge hat.

Bereits S. 452 ist darauf hingewiesen, dass durch Kondensation des Wasserdampfes, der aus dem Dampfcylinder austritt, abwechselnd auf beiden Seiten des Kolbens eine Widerstandsverminderung und dadurch eine erhöhte Triebkraft zu erzielen ist, und dass man mit Hilfe der Kondensation die im Abdampf vorhandene Wärme wieder in den Kreislauf einführen kann. Behufs Ausnutzung dieser Wirkungen der Kondensation fügt man den Dampfmaschinen Kondensatoren bei, in welchen der gebrauchte Dampf kondensirt wird, und nennt die mit Kondensationsvorrichtungen ausgestatteten Dampfmaschinen Kondensatormaschinen (Kondensationsmaschinen).

Der Hauptzweck der Kondensatoren besteht in der Verminderung des Gegendruckes gegen die Vorderfläche des Kolbens durch Erzeugung eines luftverdünnten Raumes im Kondensator, der in unmittelbarer Verbindung mit dem Cylinderraum steht. Zur Erreichung dieses Zweckes wird der aus dem letzteren ausströmende Dampf durch kaltes Wasser verdichtet und niedergeschlagen und zwar je nach Umständen in Mischkondensatoren oder Oberflächenkondensatoren von verschiedenen auf S. 455 bis 471 beschriebenen Ausführungen.

Nach den Beziehungen zwischen den Temperaturen und den Spannungen des gesättigten Wasserdampfes (Tabelle S. 280) wird die Spannung im Kondensator um so kleiner je grösser die Abkühlung ist und würde Null sein, wenn es möglich wäre, eine vollständige Luftleere durch Abkühlung hervorzubringen, womit zugleich jeder Druck auf die Vorderfläche des Kolbens beseitigt werden könnte. Da jedoch eine so weit gehende Abkühlung ausgeschlossen ist, so begnügt man sich mit einer Abkühlung, welche durch Anwendung des gewöhnlichen Wassers zugleich mit Rücksicht auf die zur Verfügung stehende Menge desselben zu erreichen ist. Unter der Annahme z. B. dass auf diesem Wege eine Abkühlung bis etwa 45° erzielt wird, beträgt der Druck im Kondensator beziehungsweise vor dem Kolben nur noch 0,1 Atm. (S. 280), so dass eine Entlastung bis 0,9 Atm. eingetreten ist. Mit Rücksicht darauf, dass der prozentische Gewinn an Treibkraft bei hohen Dampfspannungen natürlich geringer ist als bei kleinen Spannungen, macht die Anwendung von Kondensatoren für letztere besonders erwünscht.

Bei der Frage, ob eine Maschine mit einem Kondensator zu versehen sei, kommen ausser dem durch die Kondensation erzielten Vorteile noch andere Punkte in Betracht, wovon folgende als die wichtigsten gelten können.

Abgesehen von den Anlagen, in welchen der Abdampf als Heizdampf oder Exhaustor im Blasrohr verwendet wird und somit den Kondensator ausschliesst, ist die Anbringung des letzteren nicht empfehlenswert bei Maschinen, bei welchen auf möglichst grösste Leichtigkeit und Einfachheit in der Anlage sowie der Bedienung besonderes Gewicht gelegt werden muss. Hierher gehören vor allem Dampfmaschinen, die häufig den Platz wechseln (transportable Dampfmaschinen) und Maschinen für kleine Betriebe, die namentlich grosse Einfachheit bedingen, und in Verbindung mit Kondensatoren und deren Pumpen etc. erfahrungsgemäss leicht erhebliche Störungen erleiden. Ferner ist für die Entscheidung das Vorhandensein der genügenden Menge Kühlwasser und deren Beschaffung mitunter allein ausschlaggebend. So werden z. B. Seedampfschiffsmaschinen fast ausnahmslos mit Kondensatoren ausgestattet, indem es wichtig ist, des mitzunehmenden Brennmaterials wegen, die erzeugte Wärme so vollständig als möglich auszunutzen und zugleich, hiermit zusammenhängend, das wegen Ausscheidung der Salze zum Speisen der Kessel ungeeignete Meerwasser zu vermeiden d. h. das durch Kondensation des Abdampfes in Oberflächenkondensatoren (S. 455, 463) gewonnene Wasser stets von neuem den Kesseln zuzuführen.

Endlich ist nicht ausser Acht zu lassen, dass ein Kondensator jedenfalls nur in Ausnahmefällen z. B. da wo eine stetige Wiedergewinnung des Wassers durchaus notwendig wird (infolge Wassermangels etc.) eine Berechtigung hat, wenn die zum Betriebe desselben erforderlichen Kaltwasser- und Luftpumpen mehr oder eben so viel Arbeit verbrauchen als durch die Kondensation eingebracht wird, weil dadurch nur eine Verteuerung und umständlichere Bedienung der Maschine ohne jeden wirtschaftlichen oder technischen Vorteil die Folge wäre.

Wird eine einfach wirkende Dampfmaschine (S. 491) mit einem Kondensator verbunden, so dass der Kolbenrückgang durch den Druck der atmosphärischen Luft erfolgt, so nennt man diese Maschine eine atmosphärische Dampfmaschine.

Zweites Kapitel.

Äussere Anordnung der Dampfmaschinen.

Die Anordnung der Dampfmaschinen, welche sich selbstverständlich den einzelnen Bestimmungen dieser Motoren auf das zweckmässigste anzupassen hat, wird wesentlich bedingt durch die

1. Stellung der Cylinder,
2. Mittel, welche die Kolbenbewegung fortpflanzen und
3. Mittel, welche die sämmtlichen zur Dampfmaschine gehörenden Teile verbinden und zusammenhalten.

Entsprechend den verschiedenen Verwendungszwecken ist die Stellung der Cylinder in der grössten Zahl entweder

a) vertikal (stehende Dampfmaschinen), oder
b) horizontal (liegende Dampfmaschinen), oder in einzelnen besonderen Fällen
c) geneigt.

Die Mittel, welche die Kolbenbewegung fortpflanzen, richten sich nach Art der Bewegung, die benutzt werden soll. Ist dieselbe geradlinig, so genügt eine passende Verlängerung der Kolbenstange z. B. bei Pumpen, Gebläsen, Dampfhämmern, Rammen etc. Ist dieselbe dahingegen eine drehende mittels einer Achse oder Welle, so hat die Fortpflanzung der Kolbenbewegung auf die drehende Achse (S. 31 u. f.) durch Lenkstangen und Kurbeln (Kurbelmaschinen) oder durch Lenkstangen, Balanziers und Kurbeln (Balanziermaschinen) zu erfolgen. — Hierher gehören auch diejenigen, der Raumbeschränkung wegen, vorkommenden Anordnungen, bei welchen eine schwingende Kolbenstange die Lenkstange ersetzt (nach Art des Pumpenkolbens in Fig. 404 S. 458); desgleichen diejenigen der Maschinen mit schwingenden Cylindern (oszillirende Maschinen. — Da die drehende Bewegung bei weitem am häufigsten vorkommt, so bildet auch die Kurbeldampfmaschine ohne Balanzier die Regel.

Zum Verbinden und Zusammenhalten der einzelnen Dampfmaschinenteile dienen die Gestelle, welche je nach der Aufstellung und Grösse der Dampfmaschinen sehr verschieden in Form und Anordnung vorkommen.

Bei stehenden Maschinen ohne Balanzier bedient man sich zur Aufstellung mitunter eines Säulenpaares (Säulenmaschine) Fig. 426. Der Dampfcylinder C ist auf einer Platte befestigt, auf der sich zwei Säulen U, U erheben, die mittels eines eisernen Querbalkens Q unter sich und mit einer Gebäudemauer fest verbunden sind. Zwischen den Säulen befinden sich teils mit diesen teils mit dem Cylinder befestigt zwei Stangen u, u zur Führung des Kreuzkopfes, von dem die Lenkstange Z zur Kurbelwelle S geht, deren Lager auf dem Querbalken Q angebracht ist, so dass auf die eine Seite von Q der Antrieb, auf die andere Seite das Schwungrad und der Regulator R zu liegen kommt.

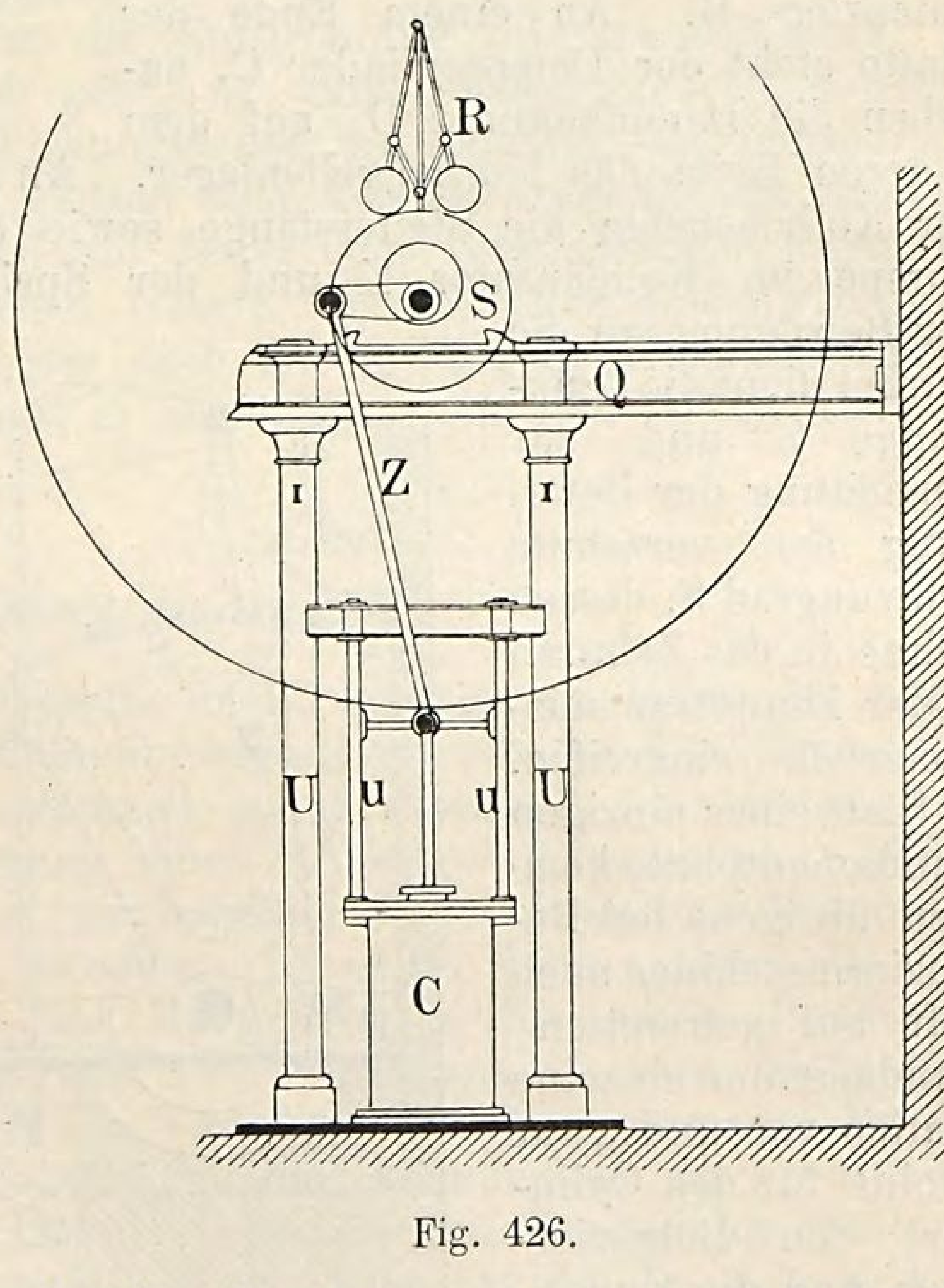


Fig. 426.

Sehr oft erfolgt jedoch die Aufstellung mittels freistehender Böcke (Bockmaschinen). Befindet sich hierbei die Kurbelwelle unter dem Dampfcylinder, so nennt man diese Maschinen Hammermaschinen, deren allgemeine Anordnung Fig. 427 erkennen lässt. Der Cylinder C steht auf den beiden Gestellteilen G, G, zwischen denen zugleich die Kreuzkopfführung sich befindet, während die Kurbelwelle mit Schwungrad S auf dem Querstück gelagert ist, welches die Gestellteile am Fusse verbindet. Der eine Gestellteil ist ferner für die

Aufnahme des Kondensators K ausgebildet, dessen Pumpe von dem Hebel a c b in Thätigkeit gesetzt wird, der bei a mit der Lenkstange Z an die Kolbenstange mit Gelenk angehängt ist. — Vielfach wird das Gestell G G als ein Hohlgussstück in der Form eines runden Turmes mit durchbrochenen Wänden (Turmmaschine) ausgeführt und für Aufstellung von Dampfmaschinen in Hüttenwerken zum Betriebe von Gebläsen, Walzwerken etc. anderen Gestellen wegen seiner bedeutenden Standfestigkeit vorgezogen.

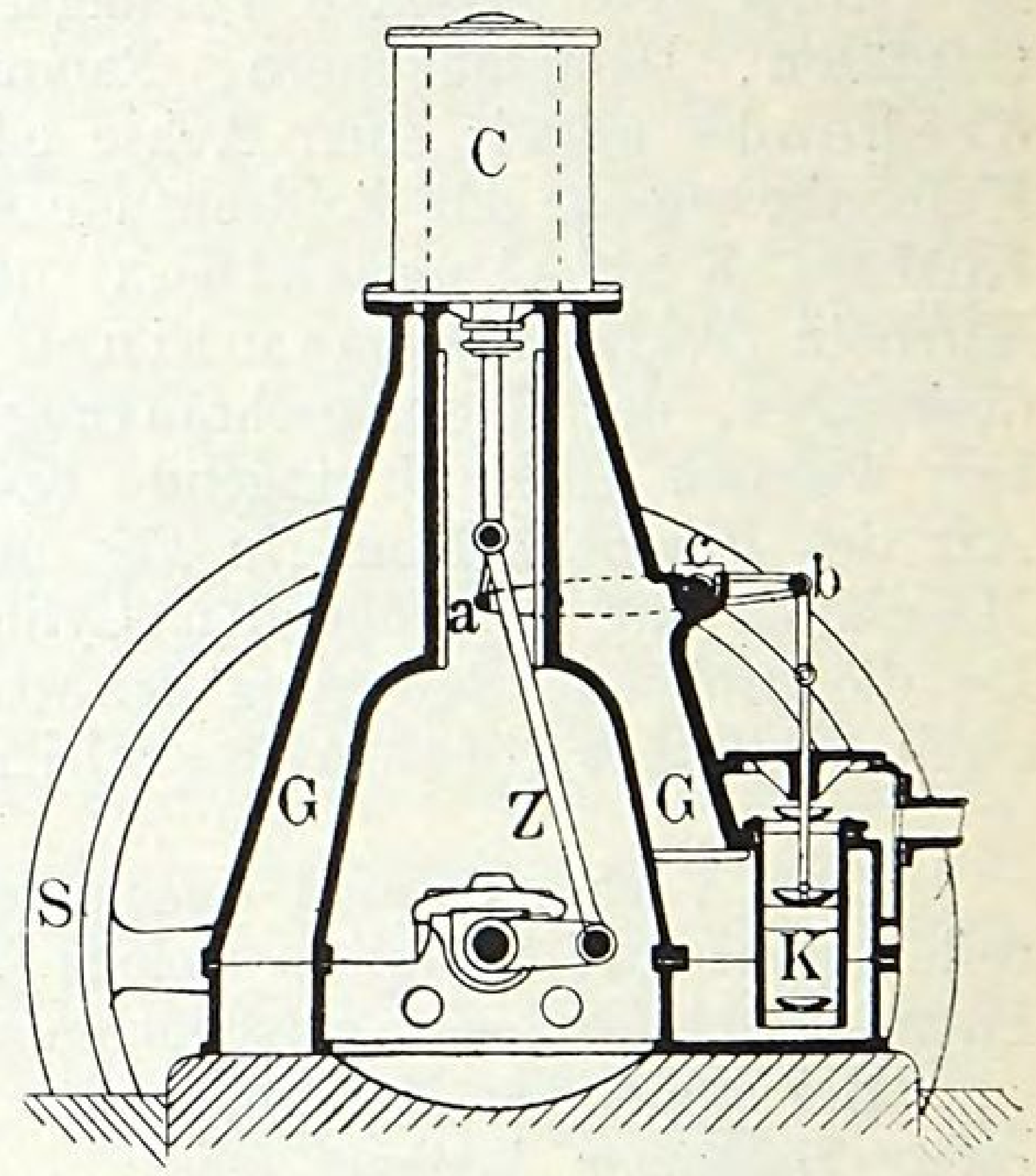


Fig. 427.

Die allgemein gebräuchliche Aufstellung und Anordnung einer Balanzier-Kurbelmaschine geht aus der Skizze Fig. 428 hervor. Auf einer mit dem Fundamente verankerten Platte P P erhebt sich in der Mitte eine Säule U zur Aufnahme der Tragzapfen des Balanziers B. An einem Ende der Platte steht der Dampfcylinder C, daneben die Dampfkammer D, auf dem anderen Ende das Kurbelwellenlager. An dem Balanzier B hängen nebst der Kolbenstange die Steuerstange sowie die Stange für den Betrieb der Pumpe im Kondensator K und der Speisepumpe P. Zur Übertragung der Bewegung auf die Kurbel dient die Lenkstange Z und zur Fortleitung der Bewegung das verzahnte Schwungrad S, dessen Zähne in das Zahnrad R der Haupttransmissionswelle eingreifen. — Statt einer einzigen Fundamentplatte kommen übrigens bei Balanziermaschinen auch oft auf getrennten Fundamenten einzelne Platten vor und zwar je eine für den Cylinder, den Balanzierbock und die Kurbelwellenlager.

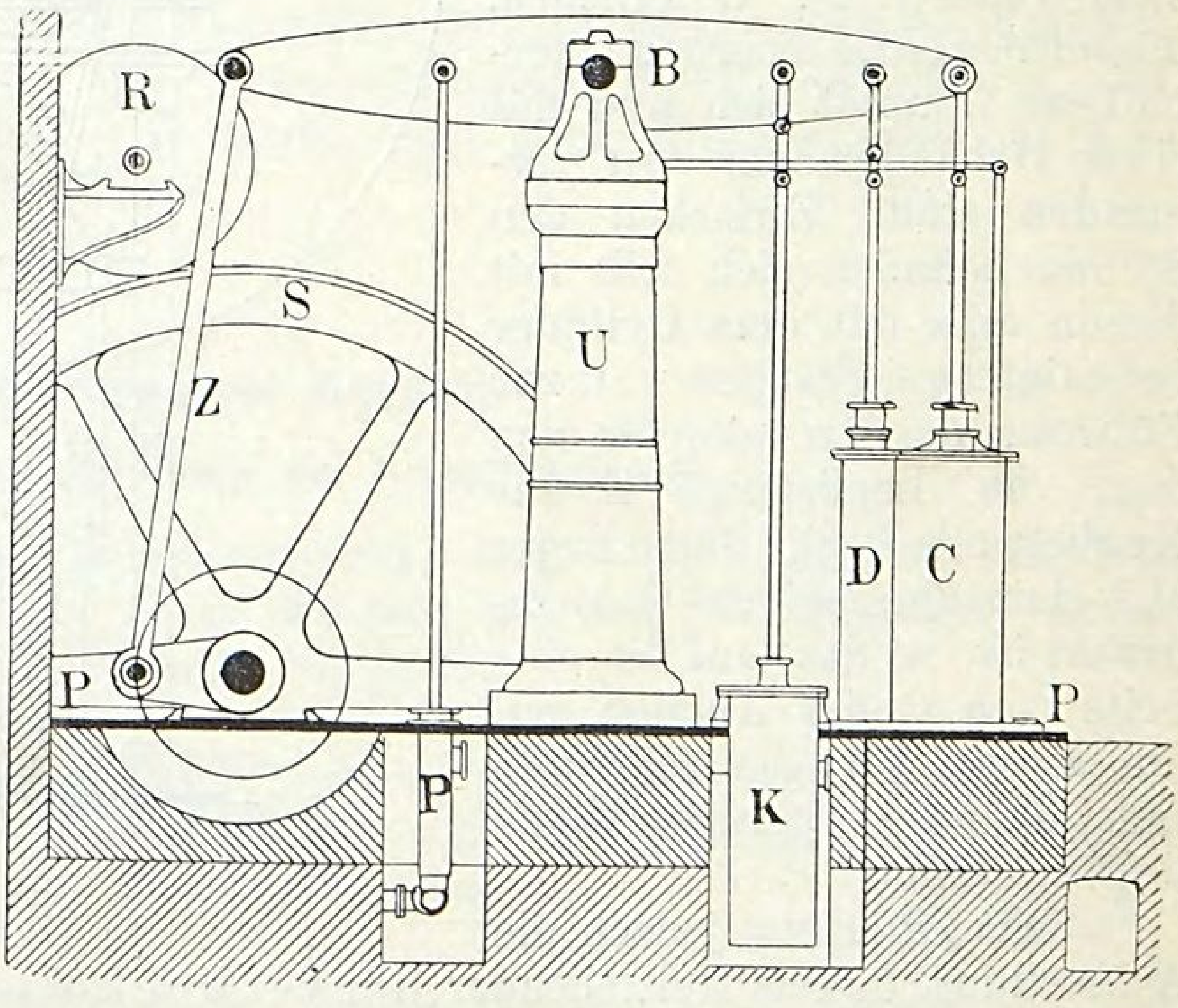


Fig. 428.

Als besondere Aufstellungsanordnungen sind noch bemerkenswert die Wanddampfmaschinen und Kesseldampfmaschinen. Die erstere wird in der Weise getroffen, dass man die Dampfmaschine auf einer Gusseisenplatte festschraubt, die mittels Anker

an einer vertikalen Mauer befestigt wird. Man verwendet sie zur Platzersparung für kleinere Maschinen. — Bei den Kesseldampfmaschinen sitzen die Dampfmaschinen an dem Kessel fest und können zugleich mit diesem leicht transportirt werden, weshalb diese Aufstellung ganz allgemein bei Lokomobilen angewendet wird.

Liegende Maschinen erhalten ihre Aufstellung und Befestigung auf entsprechenden Fundamenten (S. 265) entweder mittels Rahmen oder sog. Bajonettgestelle (S. 41) (Bajonettbalken) oder auch bei Lokomobilen direkt auf den Kesseln wie bereits in Fig. 371 S. 412 angedeutet ist.

Drittes Kapitel.

Dampfverteilung.

Wie aus dem vorhergehenden genügend zu erkennen ist, beruht die Wirkung einer Dampfmaschine auf einem gesetzmässigen Vorgang, dessen Wesen darin besteht, dass gespannter Dampf zur Bewegung des Kolbens in einen Dampfcylinder einströmt und nach verrichteter Arbeit aus demselben Cylinder wieder ausströmt.

Das Gesetz, nach welchem die Einströmung und Ausströmung, die „Dampfverteilung“ vor sich geht, ist naturgemäss zunächst abhängig und daher bestimmt von der Wirkungsweise des Dampfes, also verschieden je nachdem die Dampfmaschine einfach oder doppeltwirkend, ohne oder mit Expansion und in letzterem Fall mit fester oder veränderlicher Expansion arbeitet. Ausserdem hängt dieses Gesetz mit mehreren Nebenwirkungen zusammen, welche ebenfalls wieder nach der Gattung der Dampfmaschinen verschieden sind, so dass dasselbe in jedem einzelnen Fall zu ermitteln ist.

I. Dampfdiagramme.

Befindet sich eine Dampfmaschine im Beharrungszustande so ist vorauszusetzen, dass sich bei jeder Kolbenbewegung (Hub) der Dampfprozess in gleicher Weise abspielt, und demnach zur Feststellung des letzteren nur erforderlich, den ganzen Vorgang eines Hubes schrittweise zu verfolgen und aus den auf diese Weise gewonnenen Ergebnissen das Gesetz der Dampfverteilung ausfindig zu machen. In erster Linie gehört dazu die Feststellung und Aufsuchung des Dampfdruckes für jeden Punkt des Kolbenhubes, indem man aus den Druckverhältnissen einen Rückschluss auf den thatsächlich stattfindenden Vorgang zu ziehen vermag. Da sich nun der in Rede stehende Prozess mit allen Einzelheiten ganz besonders anschaulich und übersichtlich in einer graphischen Darstellung (Schaulinie, Diagramm) erkennen lässt, so ist diese Art der Darstellung ganz allgemein geworden, seitdem man mit Hilfe eines hierzu erfundenen Apparates, des Indikators, in den Stand gesetzt ist, den sich im Cylinder vollziehenden wahren Vorgang festzustellen und somit mit dem nach den Gesetzen der Physik aufgesuchten Vorgang in Vergleich zu bringen.

Eine solche Schaulinie wird einfach dadurch erhalten, dass man in einem beliebigen Maasstabe die verschiedenen Stellungen des Kolbens als

Abscissen aufträgt, sowie in diesen Punkten Ordinaten errichtet, welche die den Kolbenstellungen entsprechenden Spannungen darstellen, und dann die Endpunkte der Ordinaten zu einer zusammenhängenden Linie verbindet.

Dieser Linienzug wird natürlich nach den Druckverhältnissen und den diese beeinflussenden Umständen sich sehr verschieden gestalten, aber eben auch deshalb, vom Indikator gemacht, über die Dampfwirkung genau Aufschluss zu geben im Stande sein, wie folgende Beispiele darthun.

1. Volldruckmaschine (Fig. 429). — Unter der Annahme, dass der Kolben am Beginne seines Weges bei a steht und der Dampf mit dem vollen Überdruck p einströmt, stellt die Ordinate a b diese Pressung dar. Bewegt sich darauf der Kolben durch die Punkte 1, 2, 3, 4, 5 bis zum Ende des Laufes nach d unter vollkommen gleichem Dampfdrucke, so sind auch die in 1, 2, 3 u. s. w. errichteten Ordinaten gleich, also die durch die Endpunkte b, e, f, g, h, i, c gezogene Linie eine gerade die parallel zu A X verläuft. Hört am Ende des Kolbenweges bei d der Dampfdruck durch Austritt des Dampfes sofort d. h. plötzlich auf, so dass der Kolben den Weg d a ohne jeden Gegendruck zurücklegen würde, sinkt der Druck also plötzlich von c d = p auf Null, so ist die Linie a b c d e das Diagramm einer Volldruckmaschine.

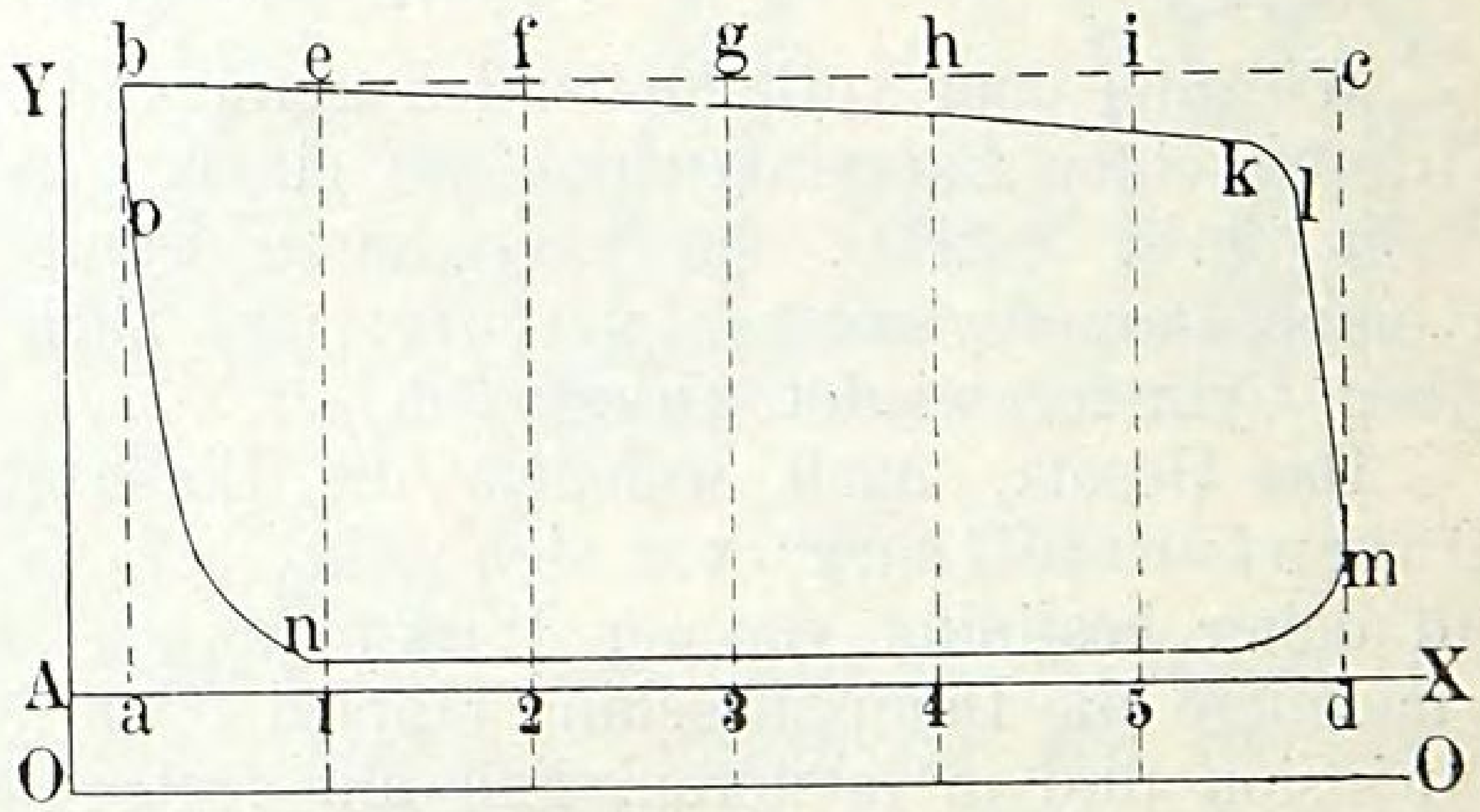


Fig. 429.

Dieses Diagramm kann nur unter der Voraussetzung entstehen, dass der Dampf gleich mit vollem Drucke eintritt, dass dieser Druck längs des ganzen Weges unverändert beibehalten bleibt, dann aber bei Umkehrung der Bewegung nach vollendetem Hubwechsel plötzlich bis zum Atmosphärendruck sinkt, und dass der Kolbenrückgang ohne jeden Gegendruck stattfindet. Verfolgt man jedoch die Bewegung des Kolbens während des Beharrungszustandes der Maschine so kommt man leicht zu der Erkenntnis, dass die genannten Voraussetzungen in Wirklichkeit nicht erfüllt werden können.

Bei der Vorbewegung des Kolbens kommt der Dampf von der Spannung a b = p mit den Wänden des Cylinders, des Kolbens und des Deckels in Berührung, kühlt sich an diesen ab und verliert dadurch an Spannung, was zur Folge hat, dass sich die Spannungskurve allmählich etwas senkt und etwa den Verlauf b k einnimmt. — Da der Abschluss der Dampfzuströmung unmittelbar vor dem Ende des Kolbenweges also dem Hubwechsel Zeit gebraucht, auch nicht auf einmal vollständig stattfindet, so muss sich schon durch verminderte Zuströmung vorher eine Spannungsabnahme und dadurch eine Senkung des Diagramms von k bis l bemerkbar machen, bis dann durch schnelles Öffnen der Ausströmungsöffnung der Druck und damit die Kurve bis m sinkt.

Während der genannten Bewegung findet der Kolben auf seiner vorderen Fläche stets einen Widerstand, so dass eine Druckverminderung erfolgt, welche diesem Widerstande entspricht. Streng genommen müsste

man diesen Gegendruck auf der anderen Kolbenseite besonders ausfindig machen und dem Diagramm einfügen. Unter der berechtigten Annahme, dass dieser Widerstand mit demjenigen gleich ist, den der Kolben bei der Rückbewegung erfährt, ist es gebräuchlich geworden das Diagramm b k l m mit der Linie m n zu ergänzen, welche die Spannungsverhältnisse, während der Rückbewegung des Kolben darlegen, so dass der volle Vorgang auf einer Kolbenseite durch ein Diagramm zur Anschauung gelangt.

Wird der Dampf nicht kondensirt so ist der Gegendruck höher als der Atmosphärendruck, also durch eine Linie zu bezeichnen, die sich über der Linie A X hinzieht, welche letztere deshalb die atmosphärische Linie genannt wird, weil sie den Atmosphärendruck darstellt. Die Gegendrucklinie ist demnach m n.

Unmittelbar vor Beendigung des Kolbenrückweges, also wenn der Kolben z. B. etwa unter n angelangt ist, wird wieder ein Druckwechsel eingeleitet durch Verschluss der Ausströmungsöffnung. Sowie dieser Verschluss erfolgt ist, muss der noch im Cylinder zurückgebliebene Dampf solange von dem Kolben zusammengedrückt werden, bis dieser die Endlage a gewonnen hat. Demnach erhöht sich durch diese sog. Kompression der Druck vor dem Kolben und veranlasst das Ansteigen der Drucklinie von n nach o. Indem sodann der Kolben wieder nach a zurückkehrt und die Einströmung frischen Dampfes vom Drucke a b beginnt, erfolgt ein neues Kolbenspiel.

Um die bei einem Spiele aufeinander folgenden Abschnitte zu bezeichnen nennt man den Abschnitt:

o b die Voreinströmungsperiode (Voreinströmungskurve),
b k die Admissionsperiode oder die Periode konstanter Einströmung (Dampfkurve),
m n die Austrittsperiode (Austrittskurve, Gegendruckkurve),
n o die Kompressionsperiode (Kompressionskurve).

Die in vorstehender Erklärung angenommenen Pressungen sind ausdrücklich als Überdruckpressungen bezeichnet und deshalb auf die Atmosphärenlinie A X bezogen. Im Fall dieselben als absolute Drücke gelten sollen, müssen sie auf eine sog. Nullinie oder Vakuumlinie O O bezogen werden.

2. Volldruckmaschine mit Kondensation (Fig 430). Die Volldruckmaschine mit Kondensation unterscheidet sich von der einfachen Volldruckmaschine nur dadurch, dass der Dampfcylinder mit einem Kondensator in Verbindung steht, und dass infolgedessen der Gegendruck im Cylinder also vor dem Kolben kleiner ist als der Atmosphärendruck. Demgemäss verläuft derjenige Teil des Diagramms, welcher die Gegendruckverhältnisse zum Ausdruck bringt also die Strecke n o unter der Atmosphärenlinie A X, weshalb beim Aufzeichnen dieses Diagramms die Spannungen auf die Nullinie O O zu beziehen sind.

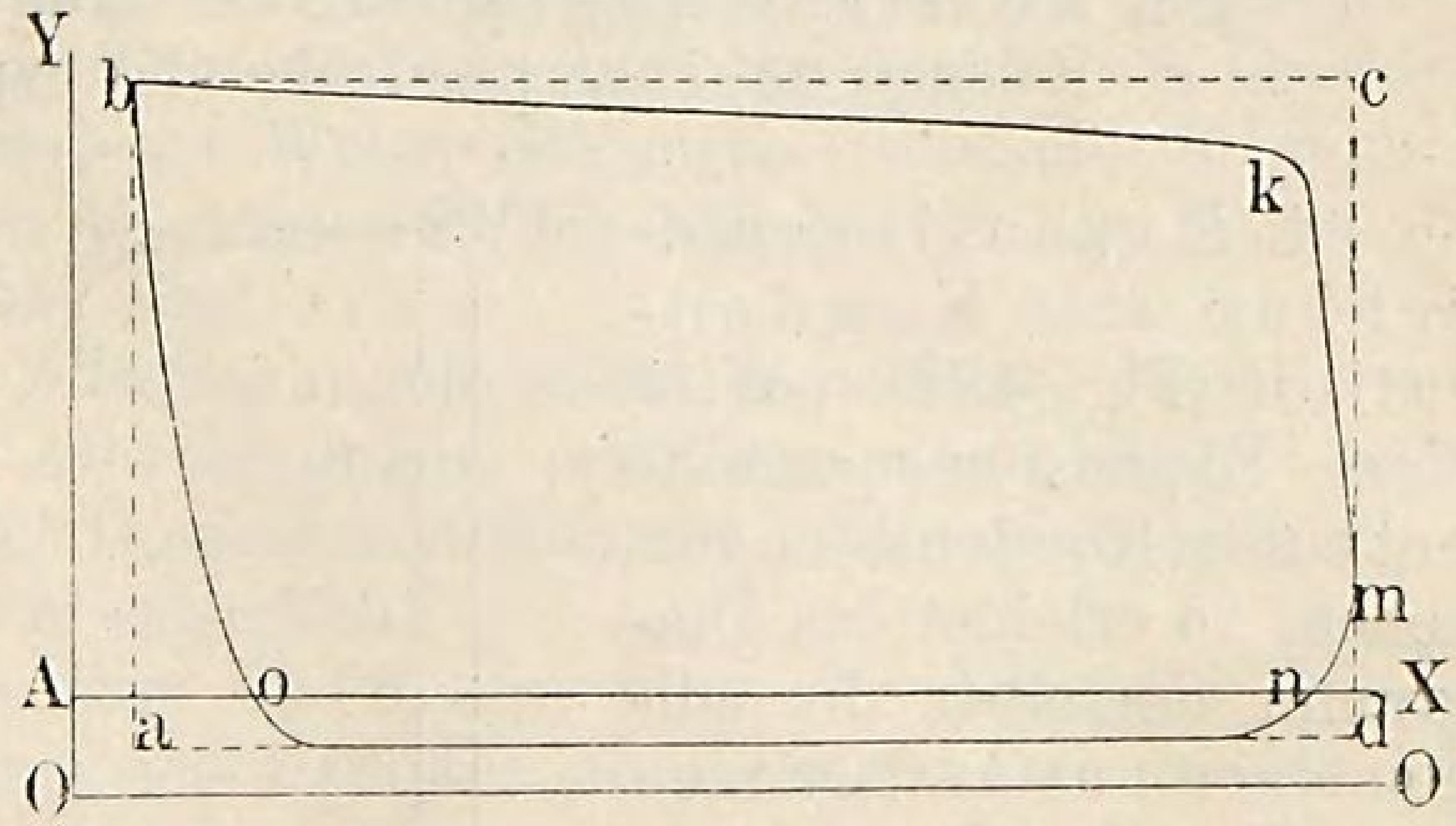


Fig. 430.

3. Expansionsmaschine (Fig. 431). Mit Bezugnahme auf die obigen Erklärungen erkennt man in der punktirten Linie das theoretische, in der ausgezogenen Linie das charakteristische Diagramm einer Expansionsmaschine. Die Volldruckperiode dauert unter geringer Druckabnahme von b bis c. Bei c beginnt der Abschluss der Zuströmung desgleichen mit einer Druckabnahme infolge der Verengung der Zuströmungsöffnung und dauert bis e. Die Strecke c e bezeichnet die Expansionsperiode, deren theoretischer Verlauf nach dem Mariotte'schen Gesetze erfolgt. In Wirklichkeit weicht das Diagramm in der Regel von der theoretischen Kurve in zweierlei Art ab. In der ersten Hälfte entzieht die Cylinderwand dem Dampf

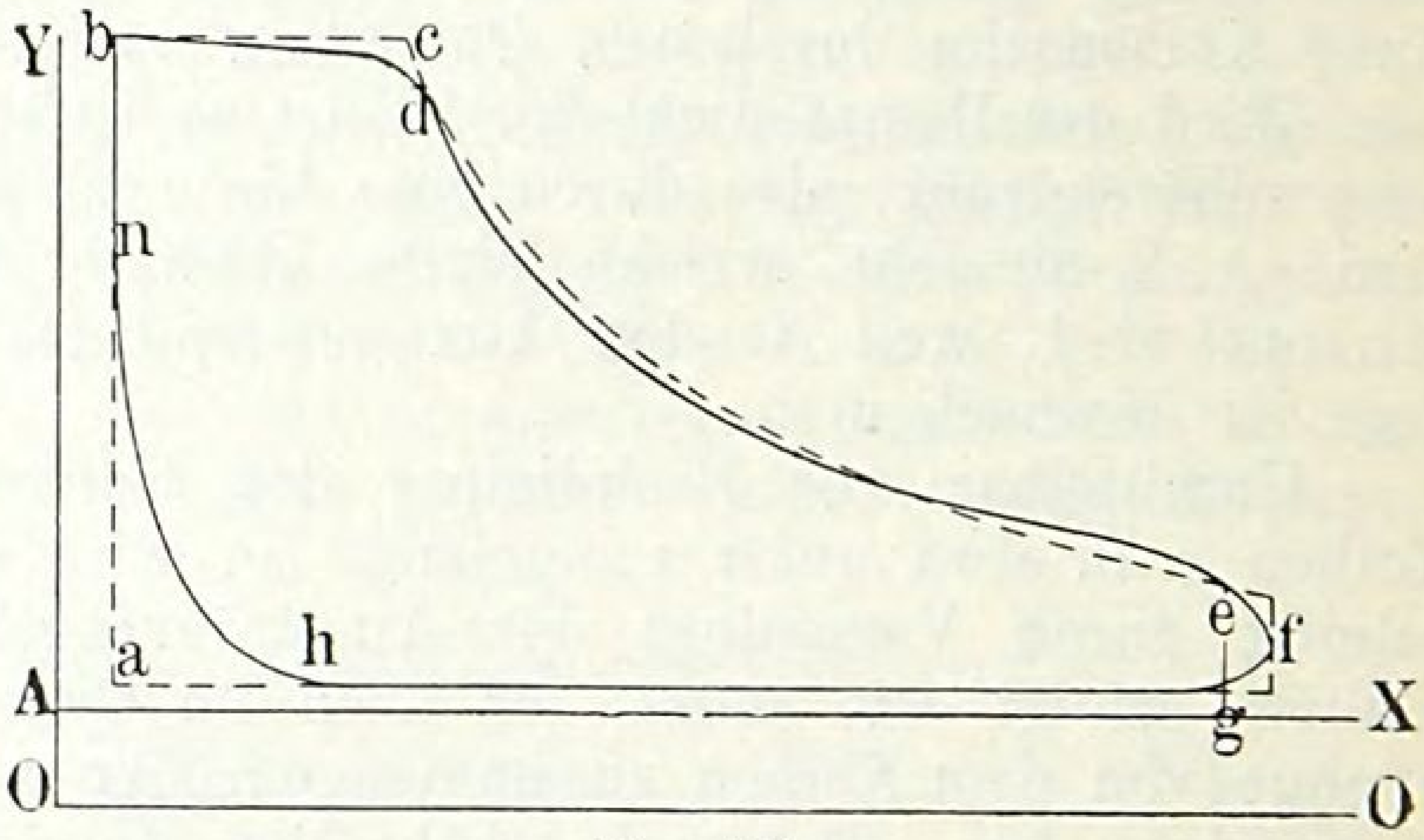


Fig. 431.

Wärme also Spannung, weshalb die Diagrammkurve unterhalb der Mariotteschen Linie liegt. In der zweiten Hälfte dahingegen sinkt die Temperatur des Dampfes oft unter diejenige der Cylinderwand, weshalb diese Wärme an den Dampf zurückgiebt und die Spannung vermehrt, so dass die Spannungskurve dann wieder über die Mariotte'sche Linie steigt. Die Expansionsperiode endet bei e mit dem Drucke e g, etwas vor dem Ende des Kolbenhubes und sinkt dann allmählich bei der Kolbenumkehr auf h g. Während des Hubes ist ein Gegendruck vorhanden, welcher durch die Linie g h dargestellt wird, deren Aufsteigen von h nach n die Kompressionsperiode vor dem Hubabschluss anzeigt.

Bei einer Expansionsmaschine gehören also folgende Abschnitte zu einem Kolbenspiele:

n b die Voreinströmungsperiode (Voreinströmungskurve),
b d die Periode konstanter Einströmung (Admissionsperiode, Volldruckperiode, Volldruckkurve),
d e Expansionsperiode (Expansionskurve),
e f Vorausströmungsperiode (Vorausströmungskurve),
f g h Ausströmungsperiode (Gegendruckkurve),
h n Kompressionsperiode (Kompressionskurve).

4. Expansionsmaschine mit Kondensation (Fig. 432). Wird eine Expansionsmaschine mit einem Kondensator versehen, so erleidet das Diagramm derselben im allgemeinen nur Änderungen auf der Strecke f g h, welche die Gegendruckverhältnisse darlegen, indem diese Strecke unter

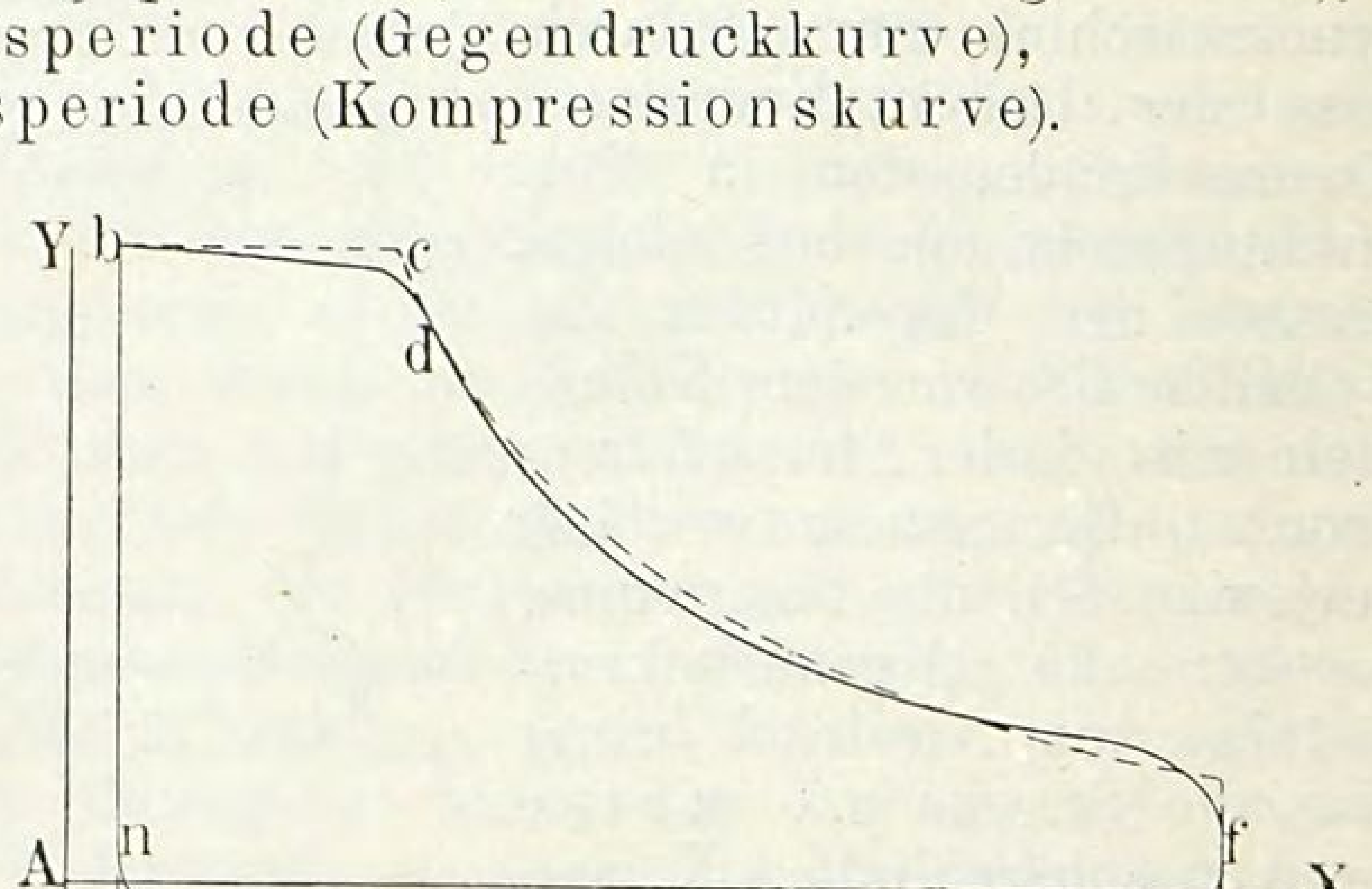


Fig. 432.

die Atmosphärenlinie A X zu liegen kommt und daher auf die Nullinie oder Vakuumlinie 0 0 bezogen werden muss.

Eine aufmerksame Betrachtung der verschiedenen Diagramme führt zu der Thatsache, dass aus der Form der letzteren folgendes zu erkennen ist.

1. Die höchste Dampfspannung, welche im Cylinder thätig war; hieraus ergiebt sich ein unmittelbarer Vergleich mit dem Dampfdrucke im Dampfkessel;
2. die Stellung des Kolbens, an welcher der höchste Druck vorhanden war;
3. die Änderungen, welche der Druck während eines Kolbenhubes erlitt;
4. der Punkt, an dem der Dampfzutritt abgeschnitten wird (Füllungsgrad bei Expansionsmaschinen);
5. die Art dieses Abschnittes: ob letzterer sich langsam oder schnell vollzog;
6. der Punkt, an dem die Dampfausströmung ihren Anfang nahm;
7. der Druck, der bei der Ausströmung herrschte;
8. die Grösse der Luftverdünnung bei Kondensatormaschinen;
9. die Geschwindigkeit, mit welcher die Luftverdünnung also auch die Kondensation eintrat;
10. die Stelle des Eintrittes und die Grösse der Kompression.

Wie bereits S. 482 auseinandergesetzt ist, wird die im Cylinder verrichtete Arbeit des treibenden Dampfes durch eine Fläche dargestellt, die eine Linie zur Grenze hat, welche genau nach denselben Grundsätzen gebildet ist, nach welchen die Diagramme der einzelnen Dampfmaschinen entstehen. Deshalb geben auch die Diagrammflächen die Arbeit des treibenden Dampfes an und zwar sowohl die theoretische, aufgezeichnet nach den dieser Arbeit entsprechenden physikalischen Vorgängen, als die wirkliche, welche mit Hilfe des Indikators gefunden wird.

Der Unterschied zwischen der theoretischen und wirklichen Arbeit ist in den Figuren 429 bis 432 dadurch leicht erkennbar gemacht, dass das Diagramm der ersteren punktirt, das der zweiten voll ausgezogen gezeichnet wurde. Selbstverständlich ist die Fläche der wirklichen Arbeit kleiner als die der theoretischen und zwar ist der Unterschied um so grösser, je weiter sich die wirklichen Vorgänge von den theoretischen entfernen und umgekehrt. Aus dem Grunde bilden die Diagramme in erster Linie ein ausgezeichnetes Mittel zur Beurteilung der Dampfwirkung d. h. zur Feststellung des Unterschiedes zwischen der theoretischen und der wirklichen Leistung des Dampfes im Cylinder. In welcher Weise sich diese Unterschiede geltend machen, geht ebenfalls aus den Figuren 429 bis 432 hervor, in denen die Differenzflächen leicht erkennbar sind.

Die Flächen, welche die Abweichungen selbst darstellen, lassen auch zugleich die Ursachen dieser Abweichungen erkennen und bilden daher weitere wichtige Ergebnisse der Diagrammaufnahmen. Sie zeigen im allgemeinen an, dass Arbeitsverluste entstehen:

1. durch langsames Zuströmen und Ausströmen des Dampfes;
2. durch Wärmeentziehung des Dampfes im Cylinder infolge der Abkühlung an den Wänden;
3. durch Gegendrücke;
4. durch Kompression.

Das langsame Zu- und Ausströmen kann verschiedene Ursachen haben. Entweder sind die Dampfleitungskanäle von zu kleinem Querschnitte, oder der Dampf erleidet Widerstände beim Passiren der Kanalausgänge dadurch, dass sich die Verschlussorgane langsam öffnen und schliessen und infolgedessen anfangs nur kleine Durchgangsöffnungen schaffen, welche den Dampf zusammenschnüren und zurückhalten, und einen mit Spannungsverlust begleiteten Vorgang herbeiführen, der das Drosseln (Drosselung) genannt wird.

Bei Kurbeldampfmaschinen ist die Kolbenbewegung bis zur Mitte beschleunigt; demnach muss auch der Dampf mit Beschleunigung zuströmen; dadurch aber entsteht ebenfalls eine Druckabnahme infolge der in der Leitung und den Kanälen auftretenden Vermehrung der Widerstände.

Der Dampfcylinder entzieht dem Eintrittsdampf um so mehr Wärme, je tiefer seine Temperatur unter derjenigen des Dampfes ist, also bei einer Expansionsmaschine mehr als bei einer Volldruckmaschine, weil der Cylinder im ersten Fall stärker abgekühlt wird, als im zweiten Fall. Um die Abkühlung auf das geringste Maass zu bringen, wird vor allem der Cylinder auswärts durch schlechte Wärmeleiter gegen Wärmeausstrahlung geschützt (Einhüllung).

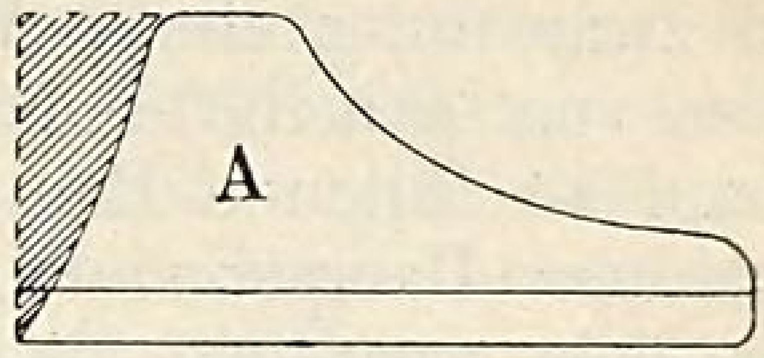
Ein anderes Mittel zum Vorbeugen dieser Spannungsabnahme beruht auf der Erwägung, dass der in Rede stehende Verlust eine Folge des Wärmeaustausches zwischen Dampf und Cylinder ist. Durch die abwechselnde Berührung des Cylinders mit heissem Eintritts- und abgekühlten Austrittsdampf nimmt derselbe eine gewisse mittlere Temperatur an; die Cylinderwand entzieht dadurch dem Eintrittsdampf Wärme, welche sie zum Teil an den Dampf während der Expansionsperiode zurückgiebt, zum Teil aber an den austretenden Dampf ab- und damit in Verlust giebt. Um nun diesen Austausch der Wärme durch Erhöhung der mittleren Temperatur zu beschränken, umhüllt man den Cylinder mit Dampf, indem man in der Cylinderwand einen hohlen Raum (Dampfmantel, Dampfhemd) ausspart und von Dampf durchströmen lässt, der direkt aus dem Kessel kommt. Dieser Dampf hat also in erster Linie den Zweck die mittlere Temperatur des Cylinders zu erhöhen und dadurch die Temperaturunterschiede zu vermindern. Nebenbei hindert derselbe den Ausgleich der Temperaturen der inneren und äusseren Cylinderwand. Die Wirkung des Dampfmantels ist demnach um so höher, je grösser die Unterschiede in der Dampftemperatur sind, also am kleinsten bei Volldruck-, am höchsten bei Expansionsmaschinen mit Kondensation.

Der Gegendruck, welcher vom Kolben überwunden werden muss, wird natürlich um so kleiner, je schneller und widerstandsfreier der Dampf entweichen kann. Deshalb ist auch beim Austritte des Dampfes so weit als thunlich die Drosselung durch möglichst rasches und vollständiges Öffnen und genügende Weite der Austrittskanäle zu vermeiden.

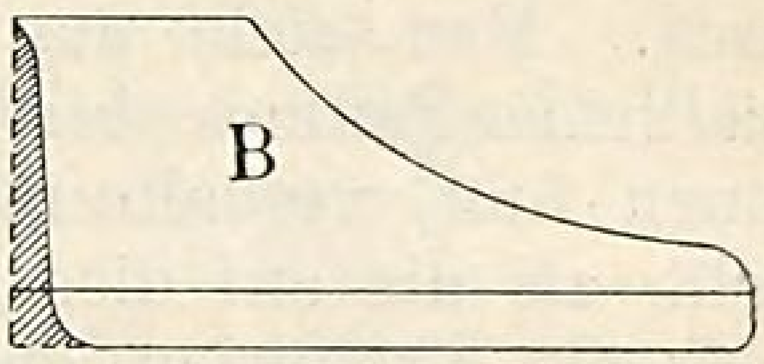
Wird die Ausströmungsöffnung vor Beendigung des Rückwärtshubes geschlossen, so wird der noch vor dem Kolben befindliche Dampf zusammengedrückt und zwar während der sog. Kompressionsperiode, welche so lange dauert bis frischer Dampf eintritt. Infolge der Kompression vermehrt sich die Spannung des zurückgebliebenen Dampfes und in demselben Maasse der Kolbengegendruck also der Widerstand, aber auch zugleich die Temperatur des Dampfes. Tritt daher in den mit komprimirtem Dampf gefüllten Raum gespannter frischer Dampf ein, so verliert dieser um so weniger an Spannung, je grösser die Kompression ist; wäre letztere z. B. so weit

Zusammenstellung fehlerhafter Diagramme.

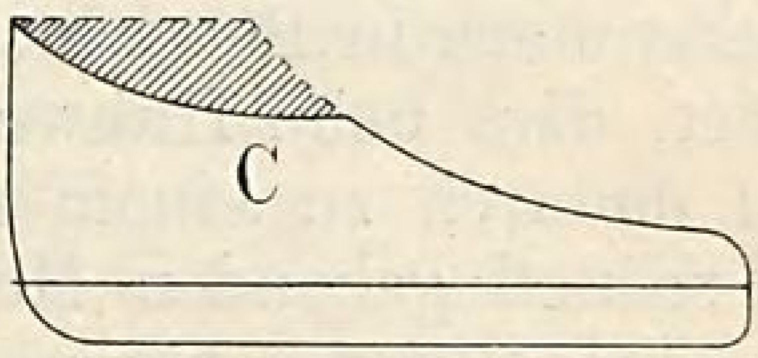
A. Die Einströmung des Dampfes erfolgt zu spät, weshalb zu Anfang des Kolbenweges der Kolben von dem Schwungrad gedreht wird. Arbeitsverlust entspricht der dunkel gehaltenen Fläche.



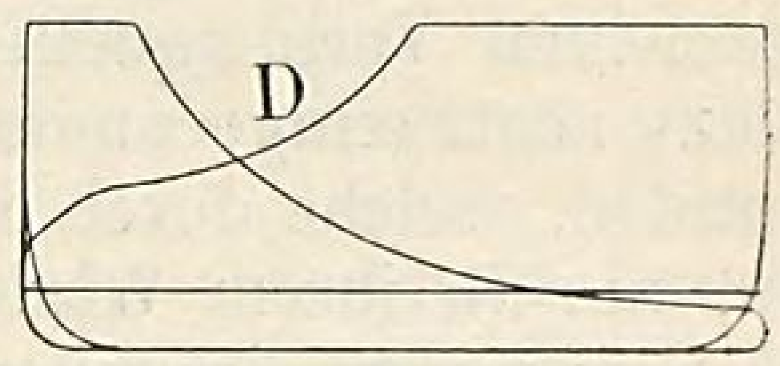
B. Die Einströmung des Dampfes erfolgt zu früh: infolgedessen geht die der dunkel gehaltenen Fläche entsprechende Arbeit verloren.



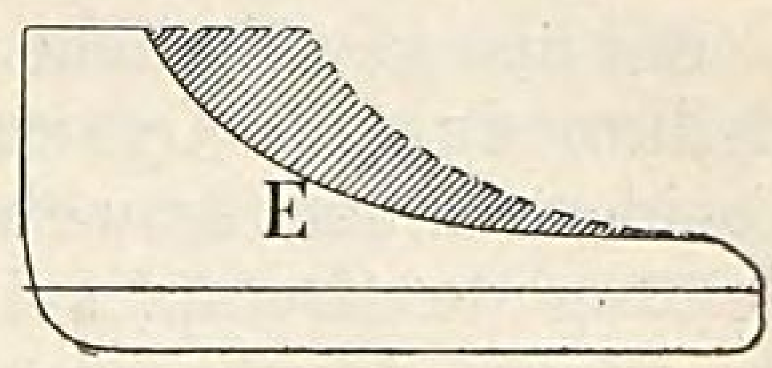
C. Der einströmende Dampf ist gedrosselt. Arbeitsverlust entspricht der dunkel gehaltenen Fläche.



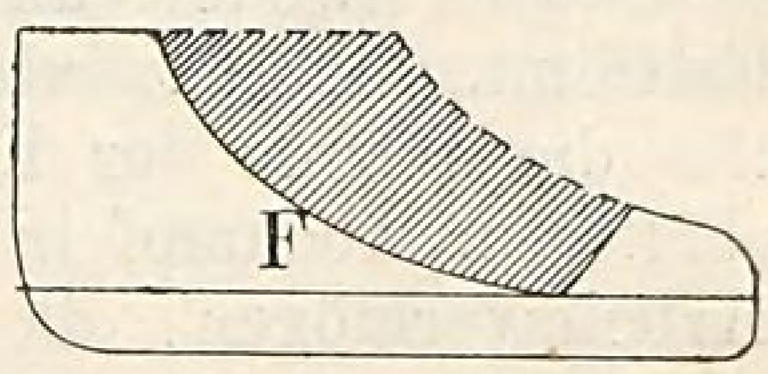
D. Die Füllungen auf beiden Cylinderseiten sind verschieden, die Folge ist ungleichmässiger Gang und zu grosser Dampfverbrauch.



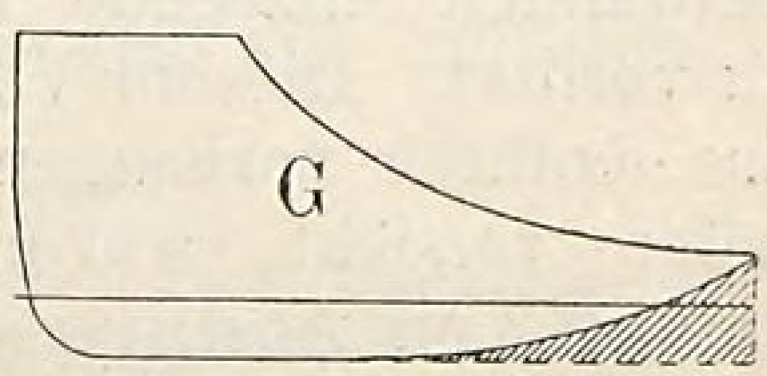
E. Der Schieber ist undicht, sodass während der Expansion Dampf nachströmt. Arbeitsverlust gleich der dunkel gehaltenen Fläche.



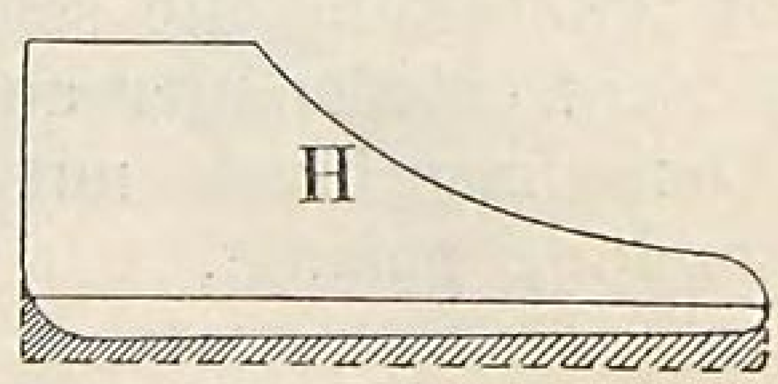
F. Kurz vor Hubende strömt nochmals Dampf ein. Arbeitsverlust entspricht der dunkel gehaltenen Fläche.



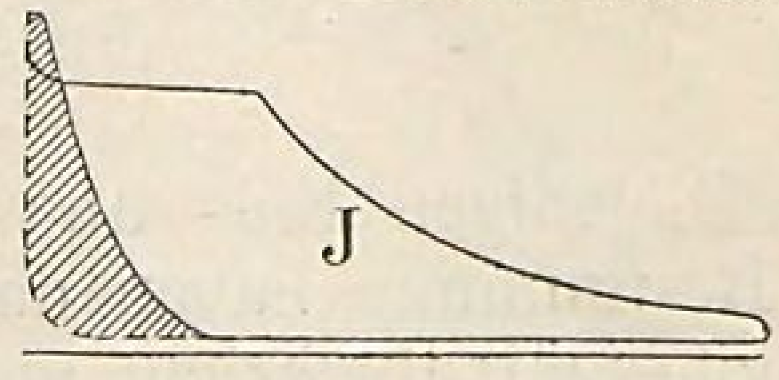
G. Die Ausströmung des Dampfes erfolgt zu spät, daher grosser Gegendruck. Arbeitsverlust gleich der dunkel gehaltenen Fläche.



H. Die Gegendrucklinie liegt zu hoch, weil Ausströmungsrohre zu eng und Condensation mangelhaft. Arbeitsverlust entspricht der dunkel gehaltenen Fläche.



J. Die Compression ist unnöthig stark. Arbeitsverlust entspricht der dunkel gehaltenen Fläche.



getrieben, dass der Spannungsunterschied Null ist, so würde auch gar kein Verlust entstehen. Wird dahingegen die Kompression vollständig vermieden, so muss sich der Raum vor dem Kolben erst mit frischem Dampf füllen und zwar unter einem Wärme- und Spannungsabfall also unter einer Einbusse von Arbeitsvermögen, die um so grösser wird, je grösser der mit Dampf zu füllende Raum ist. Damit ist jedoch bei jedem Cylinderhube auch ein Dampfverlust verbunden, welcher der Grösse dieses Raumes entspricht, weshalb diesem der Namen „schädlicher Raum" gegeben wurde. Man sieht aus diesem Vorgang daher, dass die Nachteile des schädlichen Raumes durch die Kompression des Dampfes aufgehoben werden können und weshalb man um so lieber von einer Kompression Gebrauch macht, als die auf dieselbe verwendete Arbeit nicht verloren geht, da sie durch die Expansion des Dampfes wieder gewonnen wird. — Ausserdem kommt noch in Betracht, dass der komprimirte Dampf ein elastisches Kissen bildet, dass beim Hubwechsel die Stösse des Kolbens etc. erheblich mildert und dadurch zu einem ruhigen Gang der Maschine beiträgt, was namentlich bei schnell gehenden Maschinen Beachtung verdient.

Nebst den aufgezählten durch den Vorgang im Cylinder bedingten allgemeinen Verlustquellen an Dampfarbeit haben in der Zusammenstellung S. 509 noch einige andere oft vorkommende besondere Mängel Erwähnung gefunden, welche durch die Indikatordiagramme zu Tage treten und dadurch nicht nur in ihrem Wesen, sondern auch in ihren Ursachen, Wirkungen und Grössen zu erkennen sind.

Bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen befinden sich behufs der Dampfverteilung in dem Cylinder zwei Kanäle, welche das Innere des Cylinders an beiden Enden desselben abwechselnd mit der Zuleitung und mit der Ableitung des Dampfes in Verbindung bringen, so dass auch in unmittelbarer Folge frischer und gebrauchter Dampf abwechselnd diese Kanäle durchströmt. Indem infolge dieses sich bei jedem Hube wiederholenden Spieles die Wände der Kanäle einmal mit heissem Kesseldampf und dann mit kälterem Abdampf in Berührung kommen, entsteht offenbar ein Verlust an Arbeitsvermögen, da der frische Dampf die durch den Abdampf den Kanalwänden entzogene Wärme an dieselben wieder abzugeben hat und somit verliert. Diesem Verluste an Arbeitsvermögen kann man in einfachster Weise dadurch vorbeugen, dass man die Dampfcylinder mit vier getrennten Kanälen versieht, wovon zwei ausschliesslich zum Eintritte und ebenfalls zwei nur zum Austritte des Dampfes dienen. — Weil sich zugleich mit dieser Anordnung die schädlichen Räume erheblich verkleinern lassen, so ist sie entschieden der andern vorzuziehen und deshalb auch sehr häufig, bei Dampfmaschinen mit Ventilsteuerung (s. d.) fast ausschliesslich, zur Anwendung gelangt.

II. Steuerungen.

Diejenigen Ein- und Vorrichtungen an den Dampfmaschinen, welche die Bestimmnng haben das gesetzmässige Einströmen und Ausströmen des Dampfes mit Rücksicht auf dessen Haupt- und Nebenwirkungen namentlich in Anpassung an die verschiedenen Aufgaben der Dampfmaschinen zu bewerkstelligen, bezeichnet man kurzweg mit dem Namen Steuerungen.

Der Natur ihrer Anordnung nach kann man an den Steuerungen

wesentlich zwei Gruppen von Teilen unterscheiden: Die eine Gruppe besteht aus denjenigen Teilen, welche unmittelbar das Öffnen und das Abschliessen der Kanäle oder Zugänge bewirken, die das Innere des Cylinders mit der Dampfzu- und ableitung in und ausser Verbindung setzen. Man nennt diese Gruppe der eigentlichen Verschlussorgane (Abschlussteile) die innere Steuerung. — Diese Verschlussorgane bewegen sich nach bestimmten Gesetzen und bedürfen zur Bethätigung ihrer Bewegungen einer Verbindung mit besonderen Bewegungsorganen, welche man als die zweite Gruppe ansieht und die äussere Steuerung nennt.

Als Abschlussorgane kommen bei Dampfmaschinen in Betracht:

1. Schieber und zwar in erster Linie Muschelschieber (S. 115);
2. Kolben in besonderer Ausführung;
3. Hähne ebenfalls in besonderer Ausführung (S. 116);
4. Ventile namentlich Hubventile (S. 101) wonach bezeichnet werden:

1. Schiebersteuerung; 2. Kolbensteuerung;
3. Hahnsteuerung; 4. Ventilsteuerung.

Die Bewegung der Abschlussteile erfolgt entweder in möglichst schneller gleichmässiger Folge sofort beim Hubwechsel oder mit mehr oder weniger langen Pausen (Hubpausen). (Da die Pausenbewegungen nur selten, nämlich fast nur bei Pumpwerken vorkommen, so finden sie hier keine weitere Berücksichtigung.)

Zur Hervorbringung dieser Bewegungen sind die Abschlussteile entweder in ununterbrochener Verbindung mit der äusseren Steuerung, so dass diese Bewegung eine zwangläufige ist oder die Verbindung ist eine vorübergehende, indem die äussere Steuerung nur in dem Augenblicke, in welchem die genannte Bewegung stattfinden muss, mit dem Steuerorgan in Verbindung tritt. Die letztere Anordnung setzt im allgemeinen eine sich schnell vollziehende Bewegung, gewissermaassen eine Augenblicksbewegung, voraus, weshalb sie den Namen Präzisionssteuerung erhalten hat (Momentsteuerung). —

A. Schiebersteuerung.

Das Wesen der gewöhnlichen Schiebersteuerung geht aus nachstehender Figur 433 hervor.

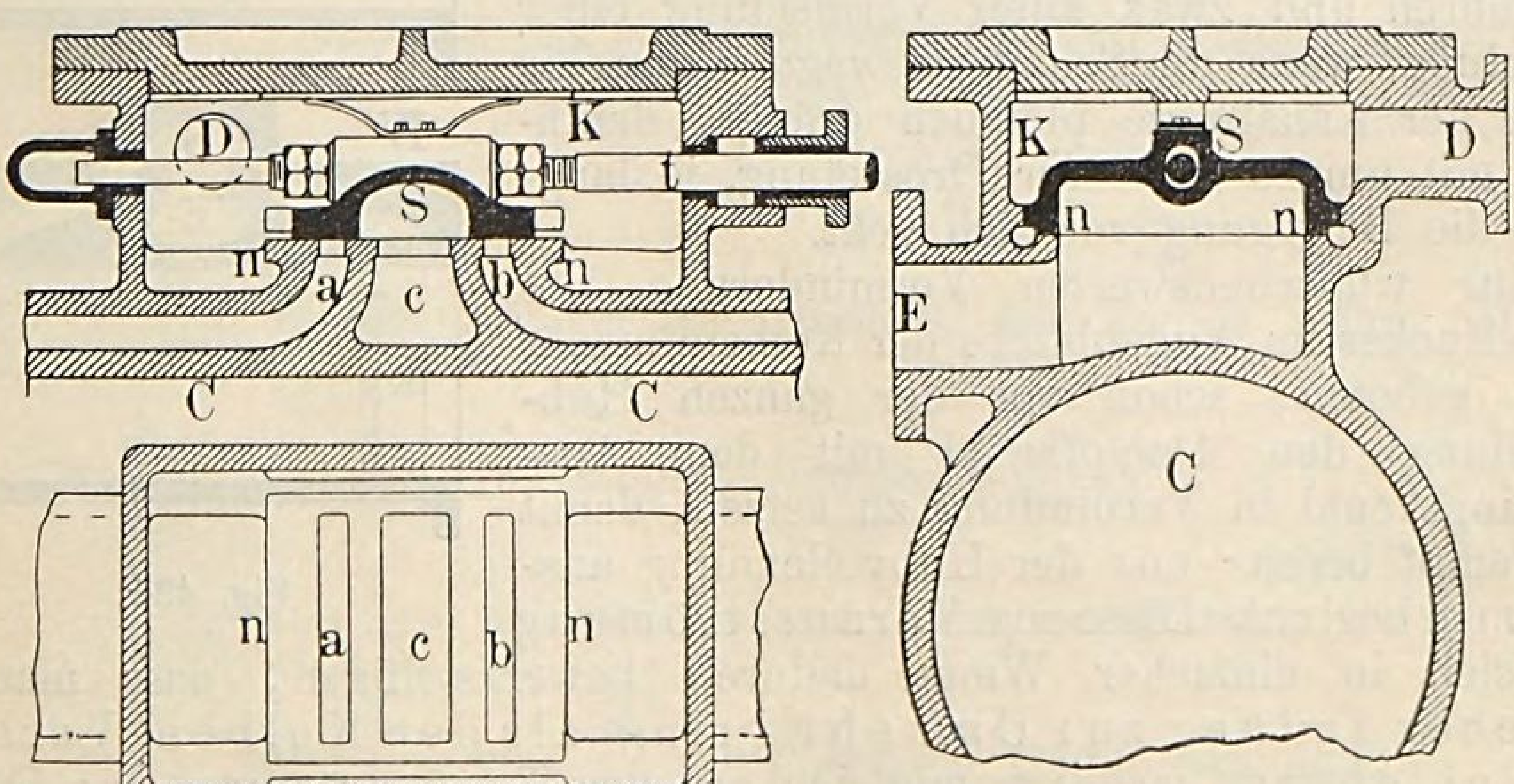


Fig. 433.

In der Wand des Dampfcylinders C befinden sich drei Kanäle a, b, c, welche auf einer Fläche n n ausmünden, die den ebenen Boden einer Kammer K bildet, welche durch ein Rohr D an die Dampfleitung angeschlossen wird und daher Dampfkammer heisst. —

Von den drei Kanälen dient c zum Abführen des gebrauchten Dampfes, während a und b die Bestimmung haben sowohl zum Eintritte des Dampfes aus der Dampfkammer in den Cylinder (die Verbindung zwischen K und C) als zugleich zum Auslassen des Dampfes aus dem Cylinder (die Verbindung zwischen C und E) herzustellen. Das Mittel hierzu ist der Schieber S, eine tellerförmige viereckige gusseiserne Platte (S. 115), welche mit den vier Rändern auf dem Boden n n (Schieberfläche, Schieberspiegel) der Dampfkammer K (Schieberkasten) dampfdicht aufliegt und mittels einer Schubstange t derart hin- und herbewegt wird, dass sie abwechselnd c mit b und c mit a in Verbindung bringt und a und b für den Dampfeintritt frei giebt, wie die Stellungen I und III (Fig. 434) zeigen. Ein Vergleich dieser Stellungen mit der Bewegungsrichtung des Kolbens k ergiebt sofort die durch Pfeile angedeuteten Richtungen. Ausserdem ist klar, dass bei der Schieberstellung II und IV (Mittelstellung) beide Kanäle a und b von den Flächen des Schieberrandes (Deckflächen) bedeckt also geschlossen sein müssen, so dass Dampf weder ein- noch austreten kann: diese Stellungen II und IV entsprechen den Endstellungen des Kolbens also dem Augenblicke der Hubumkehr und dürfen daher, um die Wirkung nicht aufzuhalten, nur eine möglichst kleine Zeit dauern.

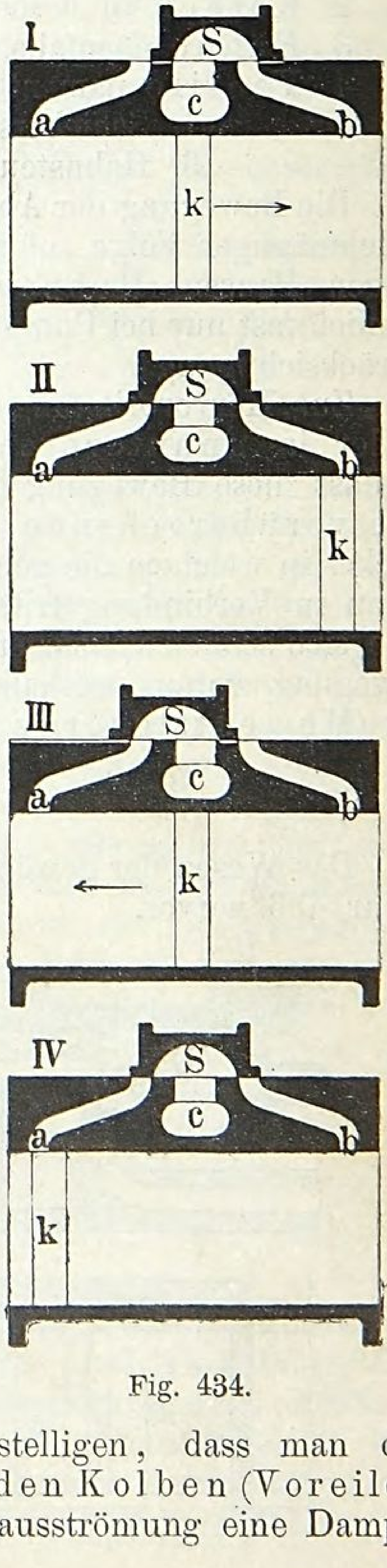


Fig. 434.

Sind die Deckflächen des Schiebers genau so breit, wie die Dampfkanäle a und b, so genügt eine sehr kleine Bewegung des Schiebers nach der einen oder der anderen Seite um die erforderlichen Kanalverbindungen gleichzeitig herbeizuführen und zwar unter Vermeidung einer Drosselung, wenn die Schieberbewegung um die Grösse der Kanalweite plötzlich erfolgt, dahingegen mit um so grösserer Drosselung, je langsamer die Bewegung vor sich geht.

Zur wünschenswerten Verminderung des Gegendruckes im Augenblicke der Kolbenumkehr ist es geboten, schon vor der ganzen Hubvollendung den Dampfkanal mit dem Ausströmungskanal in Verbindung zu setzen, damit der Dampf bereits vor der Hubvollendung auszuströmen beginnt. Diese sog. Vorausströmung lässt sich in einfacher Weise dadurch bewerkstelligen, dass man die Schieber früher zur Umkehr bringt als den Kolben (Voreilen des Schiebers), wodurch zugleich mit der Vorausströmung eine Dampf-

einströmung vor der Umkehr, also auch eine Voreinströmung erfolgt und zwar in der Weise, dass Vorausströmung und Voreinströmung gleich sind.

Aus oben erörterten Gründen ist es jedoch vorzuziehen, auch die Ausströmung früher als die Einströmung beginnen zu lassen, also den Dampfeintrittskanal später zu öffnen als den Dampfaustrittskanal. Zu diesem Zwecke genügt es, die Deckflächen des Schiebers nach aussen hin zu verbreitern, indem man den unteren Schieberrand (Fig. 435) an beiden Enden mit einem Ansatz oder Lappen e ausstattet, welchen man die äussere Überdeckung nennt. Man erkennt leicht, dass der Zeitzwischenraum zwischen dem Öffnen der Ausströmung und der Einströmung von der Grösse dieser äusseren Überdeckung also von deren Wahl abhängt. — Zugleich erhält der Schieber auch an den Innenseiten einen schmalen Lappen i, die sog. innere Überdeckung, hauptsächlich deshalb, um einen dichten Dampfabschluss selbst dann noch zu sichern, wenn die Kanal- und Schieberkanten durch die unvermeidliche Abnutzung etwas abgerundet und zurückgetreten sind. Diese innere Überdeckung i beträgt in der Regel 1 bis 5 *mm*.

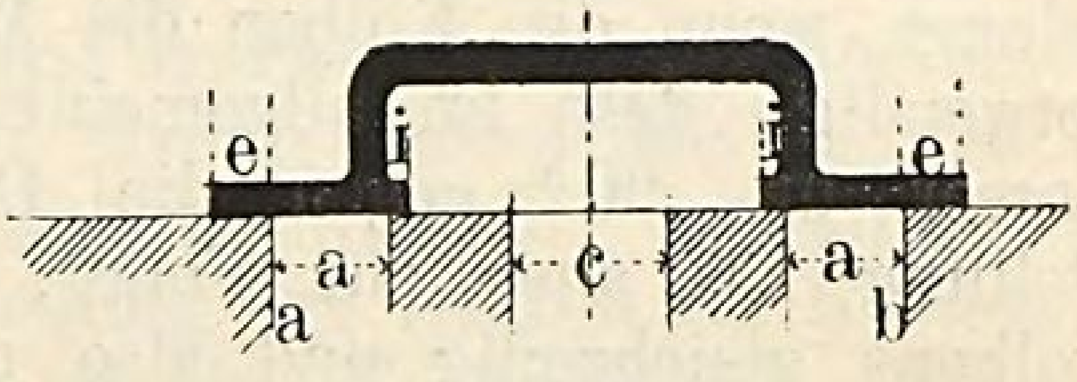


Fig. 435.

Wie die Figur 433 S. 511 erkennen lässt, erhalten die Dampfkanäle einen rechteckigen Querschnitt von der Länge b und der Breite a beziehungsweise c für den Ausströmungskanal. Der Querschnitt f der Kanäle a und b beträgt demnach a b = f. Bewegt sich nun der Kolben mit einer Geschwindigkeit c, der einströmende Dampf mit einer Geschwindigkeit v und bezeichnet man die Kolbenoberfläche mit F, so muss zur Vermeidung von Spannungsabfall die Gleichung erfüllt werden:

$$f\,v = F\,c \text{ also } f = \frac{F\,c}{v}$$

Da nun allgemein die mittlere Geschwindigkeit des Dampfes v = 30 *m* angenommen wird, so folgt daraus:

$$f = \frac{F\,c}{30} \text{ und } \frac{f}{F} = \frac{c}{30}$$

Für die üblichen Kolbengeschwindigkeiten von 1 bis 5 *m* ergiebt sich daher folgendes Verhältnis des Kanalquerschnittes zur Kolbenfläche:

c =	1	1,2	1,5	2	3	4	5 *m*
$\frac{f}{F}$ =	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7,5}$	$\frac{1}{6}$

Als Verhältnis der Höhe a zur Breite b des Kanals wählt man gewöhnlich:

$\frac{a}{b} = \frac{1}{6}$ bei kleinen Dampfmaschinen

$\frac{a}{b} = \frac{1}{7}$ bei mittelgrossen Dampfmaschinen

$\frac{a}{b} = \frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{10}$ bei grossen Dampfmaschinen.

In den weitaus häufigsten Fällen, so bei allen Kurbelmaschinen, erhält der Schieber seine Bewegung von der Kurbelwelle mit Hilfe eines Exzenters (S. 42) dessen Exzentrizität die Grösse der Schieberbewegung (Schieberweg), und dessen Bewegungsgesetz, übereinstimmend mit dem Gesetze der Kurbel (S. 33), die Geschwindigkeitsverhältnisse des Schieberweges bedingt.

Was dabei zunächst die Stellung des Schiebers zu derjenigen des Kolbens anbetrifft, so entspricht die Mittelstellung des Schiebers (Fig. 434 S. 512) stets der Endstellung des Kolbens, so dass dem Hubwechsel gemäss, der Schieber von der Mittelstellung aus nach beiden Seiten um dieselbe Grösse hin- und herschwingen muss und jedesmal in die äussere Stellung gelangt, wenn der Kolben die Mittelstellung erreicht hat Demnach ist es notwendig, dass im allgemeinen die Exzentrizität oder der Exzenterhalbmesser um 90° gegen die Dampfmaschinenkurbel versetzt ist. Diese Stellung hat aber zur Folge, dass die Umkehr des Schiebers und des Kolbens gleichzeitig und also ohne Voreilung stattfindet. Da letztere jedoch aus oben erklärten Gründen nicht fehlen soll, vielmehr die Umkehr des Schiebers vor der Umkehr des Kolbens voraussetzt, so wird die Schieberkurbel zu der Kurbel des Kolbens in der Weise gestellt, dass die Richtungsabweichung mehr als 90° beträgt. Derjenige Winkel, um welchen die Schieberkurbel der Kolbenkurbel um mehr als 90° voraus ist, wird der Voreilungswinkel (δ) genannt.

Unter der Annahme einer äusseren Überdeckung (Eintrittsdeckung) von der Grösse e einer inneren Überdeckung i (Austrittsdeckung) eines Voreilungswinkels δ sind in Fig. 436 I, II, III, IV die vier Hauptstellungen des Schiebers S dargestellt und daneben die zugehörenden Stellungen der Kurbel beziehungsweise des Kolbens sowie des Exzenters einer Kurbelmaschine gezeichnet.

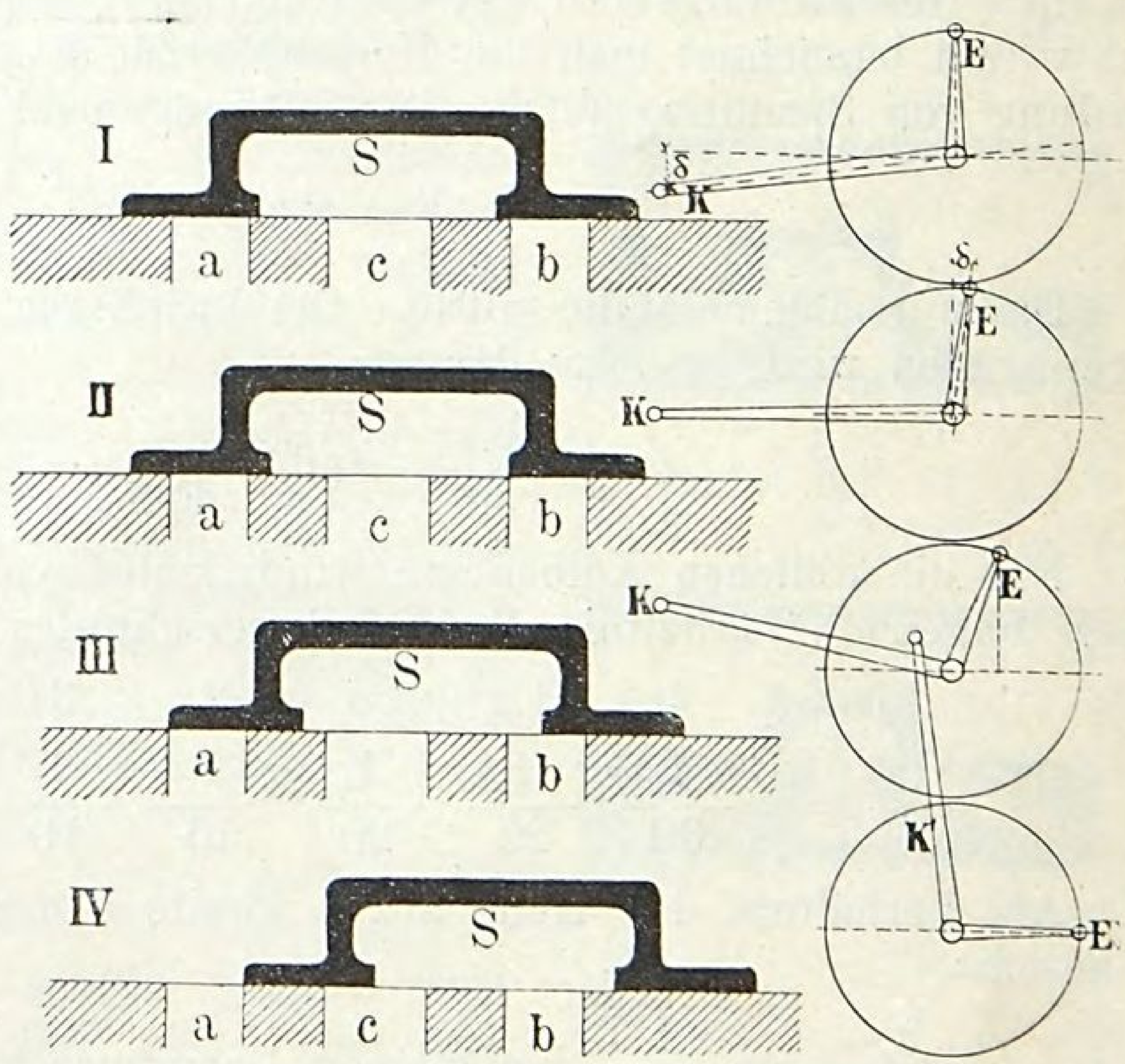


Fig. 436.

I. Mittelstellung des Schiebers: Die Kanäle a und b sind geschlossen, so dass Dampf weder zuströmt noch entweicht. Infolge der Weiterbewegung des Kolbens tritt daher auf einer Seite desselben eine Verdichtung (Kompression), auf der anderen Seite Expansion des Dampfes ein; das Exzenter E steht in der Mittellage, die Kurbel K vor der Todpunktlage und zwar um den Voreilungswinkel δ von derselben entfernt.

II. Durch Weiterdrehung von Kurbel und Exzenter rückt der Schieber aus der Mittellage in die Lage II; ist diese Verschiebung gleich der Aus-

trittsdeckung so beginnt die Ausströmung aus b, während, unter der Voraussetzung, dass e grösser ist als i, die Kompression fortdauert, bis der Schieber den Weg e zurückgelegt hat.

III. Ist diese Stellung erreicht so beginnt sofort die Einströmung in a und zwar etwas vor der Todpunktlage der Kurbel; die Fortbewegung des Schiebers also die Öffnung des Kanals a findet, auf Grund des Kurbelbewegungsgesetzes (S. 33) nunmehr schnell statt und erreicht das Ende bei der Horizontalstellung des Exzenters. Die Kurbel K hat in dieser Zeit eine Bewegung ausgeführt, die einem halben Kolbenwege entspricht.

IV. Ist der Schieberweg nun a + e so steht der Schieber mit seiner äusseren Kante an der Kante des Kanals a. Sowie daher nun das Exzenter im unteren Halbkreise sich bewegt, tritt erst langsam, dann schneller ein Abschluss des Kanals a ein, während der Kanal b offen bleibt. Ist der dadurch bestimmte Schieberweg gleich der Kanalweite a, so erfolgt Absperrung von a, Aufhören der Dampfzuströmung und Beginn der Expansion. Dieser Zustand dauert bis die Kurbel die andere Todpunktlage und der Schieber die Mittellage wieder erreicht hat, worauf sich das Spiel in derselben Weise von der anderen Seite wiederholt.

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dass unter sonst gleichen Umständen die Expansion um so früher beginnt, je früher der Zuströmungskanal geschlossen wird, also je mehr das Exzenter voreilt, je grösser der Voreilungswinkel δ ist. Damit aber bei einer grösseren Voreilung die genügende Voröffnung erhalten bleibt, ist auch die äussere Deckung e entsprechend zu vermehren. — Der Gesamtweg s, den der Schieber zurückzulegen hat, setzt sich zusammen aus a und e, indem $s = e + a$ ist. Diese Grösse ist gleich der doppelten Exzentrizität, welche demnach mit dem halben Schieberweg s übereinstimmt. Soll nun unter gleichen Umständen die Expansionsperiode vergrössert also die Füllung vermindert werden, so ist nur erforderlich den Voreilungswinkel zu vergrössern, zugleich aber auch um die Voröffnung nicht zu ändern, den Schieberweg zu verkleinern. Trifft man deshalb bei Exzentersteuerungen eine Anordnung, welche eine Veränderung des Voreilungswinkels und der Exzentrizität gestattet, so sind auch die Bedingungen erfüllt, unter welchen es möglich wird mit einem Schieber verschiedene Expansions- oder Füllungsgrade (S. 493) in Wirkung treten zu lassen.

Unter denjenigen Organen, welche eine Veränderung des Voreilungswinkels durch Verstellung des Exzenters auf der Kurbelwelle herbeiführen, haben in neuester Zeit die Achsen — oder Schwungradregulatoren (S. 258) besondere Bedeutung bekommen und vielfach namentlich bei Dampfmaschinen mit grosser Umdrehzahl Anwendung gefunden, weil dieselben sowohl die Exzentrizität als den Voreilungswinkel ändern.

B. Umsteuerungen.

Befindet sich (Fig. 437) die Kurbel K in der Todpunktlage also der Kolben am Ende des Hubes und ist eine Einrichtung vorhanden, welche eine beliebige Verstellung der Schieberkurbel oder Exzentrizität r ohne Änderung der Lage von K gestattet, so ist damit zunächst ein Mittel gegeben, den Voreilungswinkel δ beliebig zu vergrössern oder zu verkleinern.

Bei der Todpunktlage der Kurbel K kann die Übertragung der Kolbenbewegung auf diese Kurbel derart eingeleitet werden, dass die Drehrichtung der Kurbel entweder im Drehsinn 1 oder im Drehsinn 2 erfolgt. *Da sich hierbei also die Kolbenbewegung nicht ändert, so muss auch die Schieberbewegung die gleiche bleiben.* Ist also die Drehrichtung 1 eingeleitet, so muss die Schieberkurbel r im Augenblicke der Hubumkehr die Stellung e m einnehmen und also der Kurbel K vorausgehen. Ist dahingegen die Drehrichtung im Drehsinn 2 eingeleitet und die Schieberkurbel in die Stellung g m gerückt, so eilt auch hier die Schieberkurbel um die Grösse $90^0 + \delta$ vor. Infolgedessen ist die Schieberbewegung für den Drehsinn 2 als Projektion der Schieberkurbeldrehung, derjenigen des Drehsinns 1 sowohl in Richtung als Grösse gleich und erleidet die Dampfverteilung keine Änderung d. h. eine Verstellung der Schieberkurbel aus der Lage e m in die Lage g m hat auf die Bewegung des Kolbens und auf die dadurch bedingte Dampfverteilung keinen Einfluss: dahingegen wird durch diese Lagenveränderung der Drehsinn 1 in den Drehsinn 2 umgewandelt. Selbstverständlich findet unter Beibehaltung derselben Kolbenbewegung und Dampfverteilung die Umkehr des Drehsinnes 2 in 1 statt, wenn die Kurbelstellung g m in e m verwandelt wird.

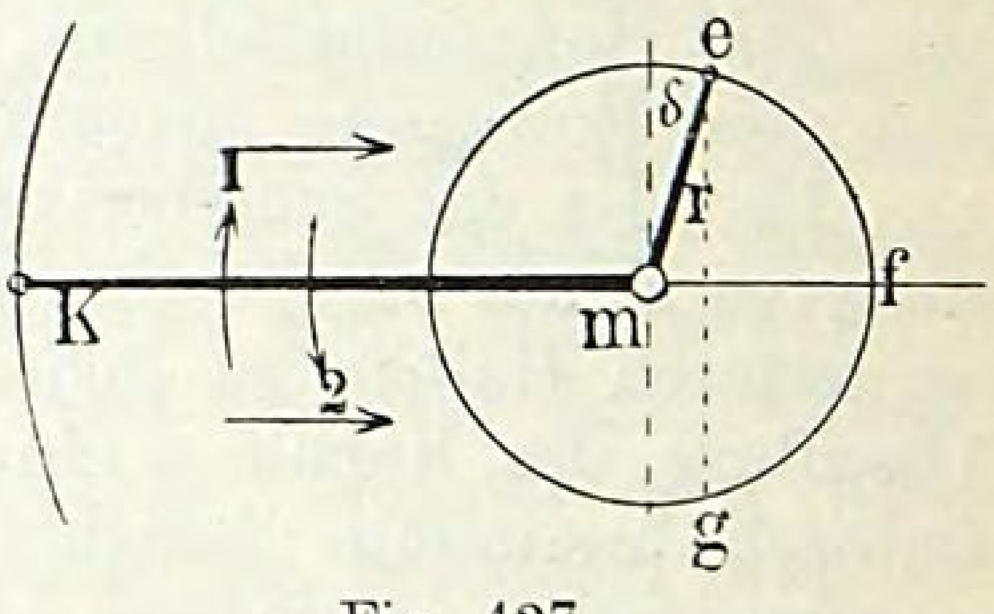


Fig. 437.

Der beschriebene Vorgang kann demnach dazu benutzt werden bei Kurbeldampfmaschinen, welche zeitweilig eine Umkehrung der Kurbelwellendrehung notwendig machen, diese Umkehrung hervorzubringen (*Vorwärts- und Rückwärtsgang*). Diese Notwendigkeit ist insbesondere vorhanden bei Lokomotiven, Dampfschiffen, Walzwerken, Fördermaschinen, manchen Aufzugsmaschinen u. s. w. und hat daher Veranlassung zu entsprechenden konstruktiven Anordnungen gegeben, welche *Umsteuerungen* genannt werden.

Die Konstruktion der Umsteuerungen kann nun offenbar zwei Grundlagen haben. Nach obigen Erörterungen kommt es bei der Hervorrufung einer Bewegungsumkehr nur darauf an, für den Drehsinn 1 den Punkt e und für den Drehsinn 2 den Punkt g des Schieberkurbelkreises zum Angriffspunkt für die Schieberstange zu machen. Dies kann nun einmal dadurch geschehen, dass die Schieberkurbel oder das Exzenter in der Todpunktlage der Kurbel K von dem Punkte e nach g oder umgekehrt auf der Kurbelwelle verschoben wird, ohne ausser Verbindung mit der Schieberstange zu kommen. Oder es lassen sich zwei Kurbeln beziehungsweise Exzenter fest auf der Welle anbringen, wovon die eine den Angriffspunkt bei e, die andere den Angriffspunkt bei g besitzt, so dass, jenachdem das erste oder das zweite Exzenter mit der Schieberstange verbunden wird, die Drehung im Sinne 1 oder im Sinne 2 erfolgt. Daraus geht aber hervor, dass als Grundlage für die Konstruktion *entweder ein auf der Welle verstellbares Exzenter* oder *zwei auf der Welle festsitzende Exzenter mit wechselndem Angriff* gewählt werden können.

Die Unbequemlichkeit, welche mit der Verstellung einer Exzenterscheibe verbunden ist, die auf einer drehenden Welle sitzt, hat die Verwendung eines solchen Exzenters auf einige Fälle um so mehr beschränkt,

als die zweite Konstruktionsgrundlage zu Anordnungen geführt hat, welche den Wechsel des Angriffspunktes unabhängig von der Wellendrehung möglich macht.

Bedeutet in Fig. 438 der Punkt e das eine und der Punkt g das zweite Exzenter und t die Stange des Schiebers, so wie E die mit e und G die mit g verbundene Exzenterstange, so besteht ein einfaches Mittel zur Verbindung des Exzenters e oder g mit t darin, dass man die Stangen E und G mit Gabeln oder Klauen h und k versieht und diese auf den Zapfen z legt, welcher an der Schieberstange t sitzt. Da hierbei selbstverständlich dem Einlegen des Zapfens z in eine Klaue das Abnehmen der anderen vorauszugehen hat, so erfolgt zweckmässig die Bewegung beider Klauen dadurch, dass die Exzenterstangen E und G gleichzeitig nach oben oder unten gehoben oder gesenkt werden, indem man sie mit einer Stange a verbindet, die, mittels der Stange b gelenkartig an den Winkelhebel b c d gehängt, vermittelst einer Zugstange d in Bewegung zu setzen ist.

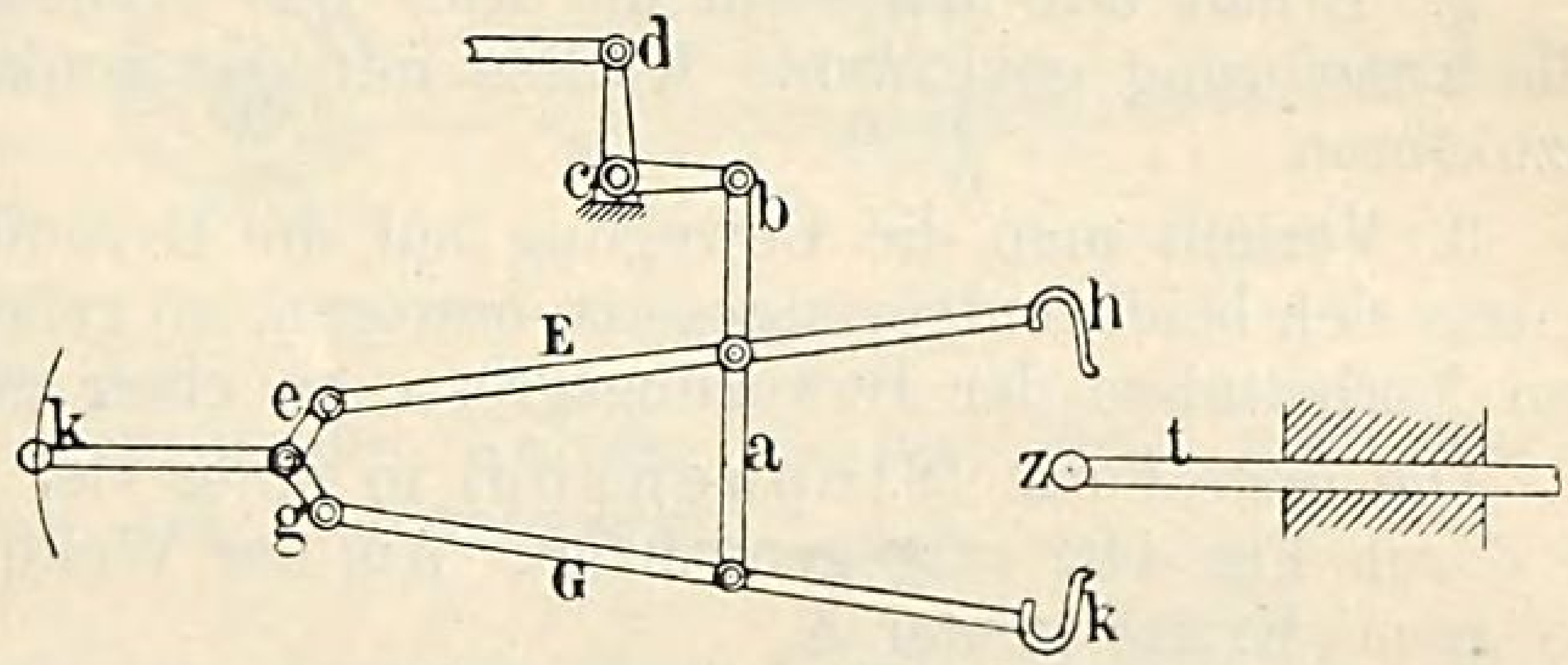


Fig. 438.

Von diesem Umsteuerungsmechanismus (G a b e l s t e u e r u n g) lassen sich alle Umsteuerungen dieser Art ableiten, die das Gemeinschaftliche haben, dass (Fig. 439) statt der Gabeln zwischen den Exzenterstangen E und G ein starres Prisma h k angebracht ist, an welchem der Zapfen z (S t e i n) hinzugleiten vermag. Dieses Prisma führt den Namen K u l i s s e und hat dem in Rede stehenden Mechanismus die Bezeichnung K u l i s s e n s t e u e r u n g gegeben, welche nunmehr als die wichtigste Umsteuerungsvorrichtung zu gelten hat.

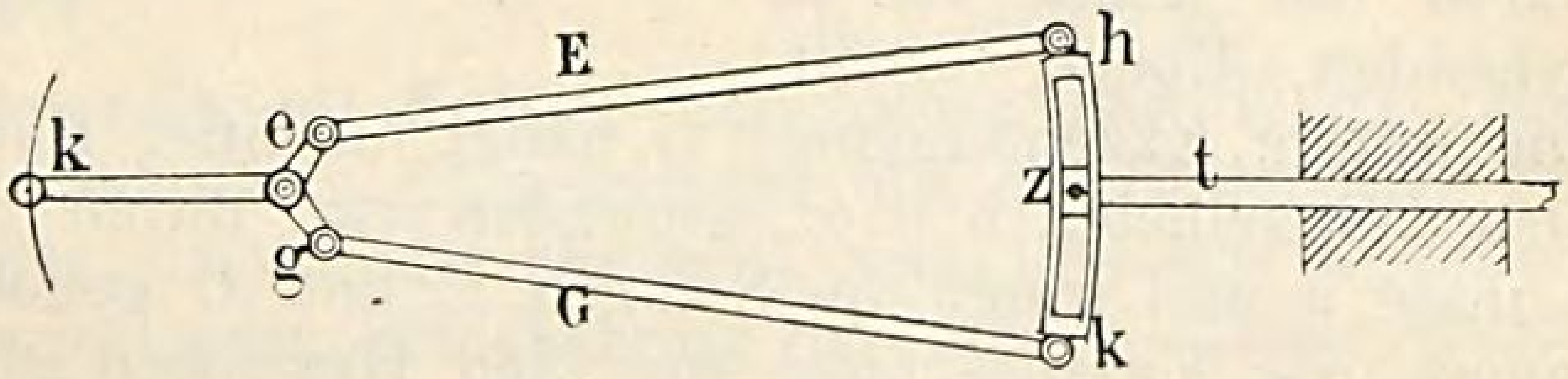


Fig. 439.

Zur Erklärung der verschiedenen Arten der Kulissensteuerung sei darauf hingewiesen, dass die Verbindung der Steuerstange mit den Exzenterstangen auch dadurch vollzogen werden kann, dass die letzteren in ihrer Lage verharren, während der mittels einer Gelenkstange mit der Schieberstange verbundene Zapfen z längs der Kulisse verschoben wird oder endlich auch dadurch, dass sowohl die Kulisse als der Zapfen, also beide Organe sich zugleich und zwar gegeneinander bewegen.

Geht man ferner von der Bedingung aus, dass während der Umsteuerung eine Lagenveränderung des Schiebers, weil nicht beabsichtigt, auch nicht eintreten soll, so folgt daraus die Notwendigkeit einer Anordnung, bei welcher der Stein z sich entweder gar nicht oder nur in einem Bogen bewegen darf, dessen Mittelpunkt mit der Achse des Drehbolzens zusammenfällt. Je nachdem man sich deshalb auf die Auf- und Abbewegung der Exzenterstangen im Bogen um die Wellenmitte, oder des Steines z um den

Gelenkbolzen beschränkt, oder diese Bewegungen gleichzeitig auf die Exzenterstangen und den Stein z verteilt, entstehen notwendigerweise folgende drei Formen der Kulisse.

1. Wird die Kulisse allein bewegt, so ist sie kreisförmig zu krümmen und mit der konkaven Seite der Wellenmitte zuzukehren.

2. Erhält nur der Stein die Auf- und Abbewegung, so ist die ebenfalls kreisförmig gekrümmte Kulisse mit der konkaven Seite dem Schieber zuzukehren.

3. Verteilt man die Bewegung auf die Exzenterstangen und den Stein, so dass sich beide entgegengesetzt bewegen, so gelangt man bei entsprechendem Verhältnisse der Bewegungsgrösse zu einer geradlinigen Kulisse.

Die erste Form (Stephenson) in einer viel verwendeten Ausführung ist durch Fig. 440 vergegenwärtigt. Auf der Welle m sitzen nebeneinander die zwei Kreisexzenter e und g mit den zwei Exzenterstangen E und G, welche die mit der konkaven Seite der Welle m zugekehrte Kulisse C aufnehmen, in deren Schlitz der Stein geführt wird. Dieser Stein befindet sich am Ende der Schieberstange t, die ihre Führung und Lagerung in einer durch die Achse von m gehenden Ebene erhält. Die untere Exzenterstange G hängt an einer Hängeschiene a b, welche mit dem Winkelhebel b c d verbunden ist, durch dessen Drehung um c die Kulisse a und somit die Stangen E und G gehoben oder gesenkt werden, indem die Exzenterringe auf den Exzentern gleiten. Die Bewegung des Hebels b c d erfolgt, wie aus der Figur erkennbar, durch den Handhebel (Händel) H vermittelst der Zugstange d f. Zur Erleichterung dieser Handbewegung dient das Gegengewicht Q.

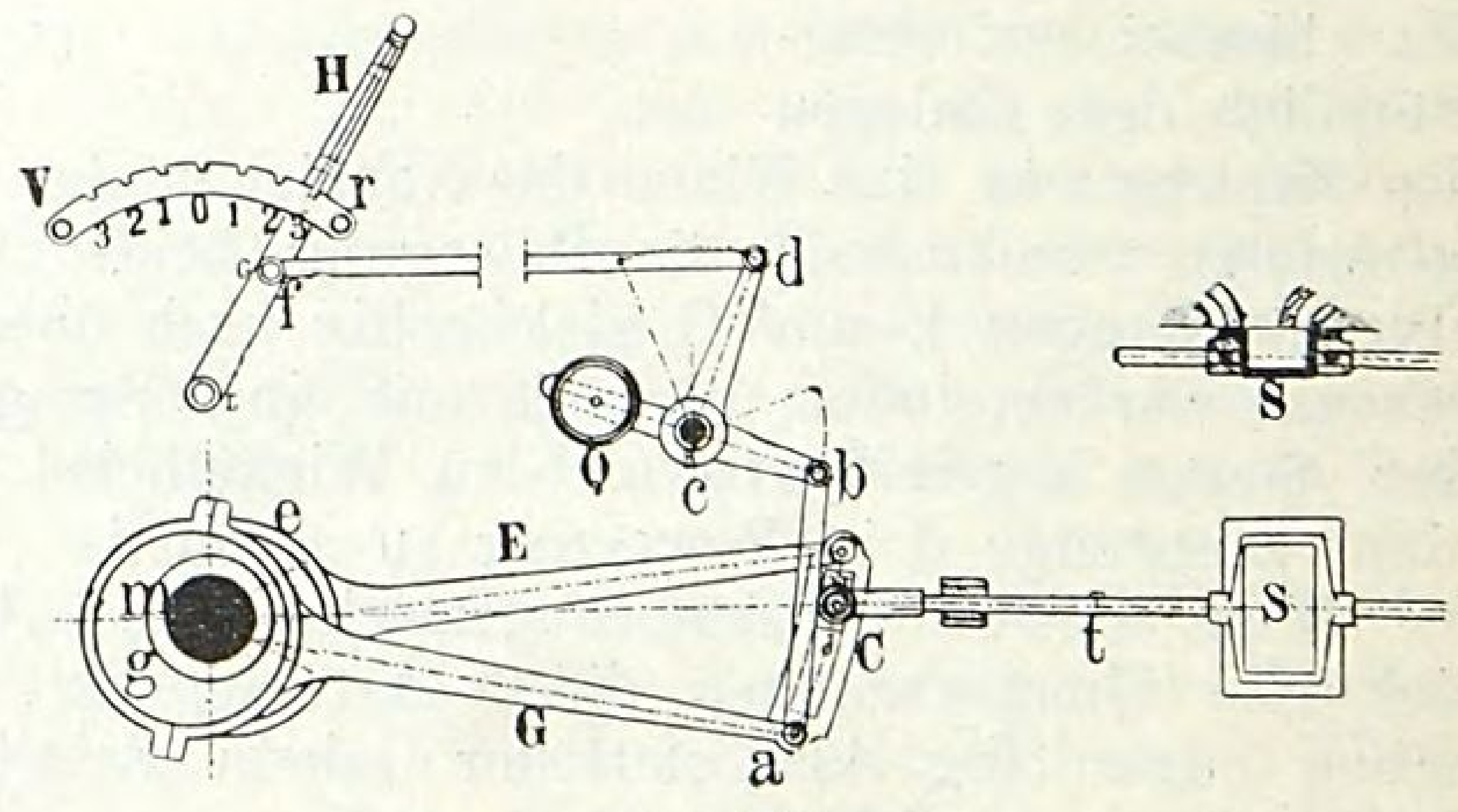


Fig. 440.

Die zweite Form (Gooch) zeigt Fig. 441. Man erkennt wieder die zwei Exzenter e und g, die Exzenterstangen E, G und die gekrümmte Kulisse c, welche an einer Schiene f hängt, die mit der Mitte der Kulisse drehbar verbunden ist. Der Stein z befindet sich am Ende der Lenkstange z v, die bei v gelenkartig mit der Schieberstange t und bei u mit der Hängeschiene u b verbunden wird, so dass mittels eines Steuerhebels wie bei Fig. 440, des Winkelhebels b c d und der Schiene b u der Stein z durch Drehung der Stange z v um das Gelenk v die Hebung oder Senkung des Steines z in der Kulisse c erfolgt.

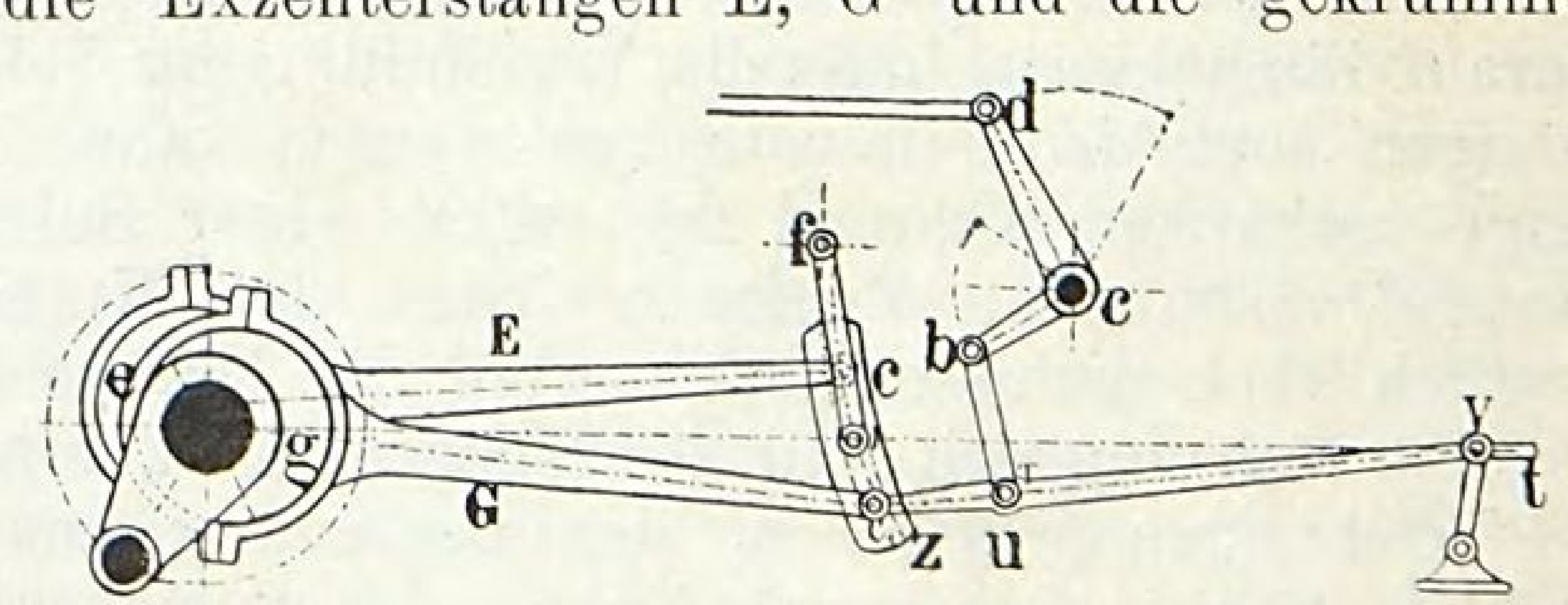


Fig. 441.

Die dritte Form (Allan) geht aus Fig. 442 hervor. An den Exzenterstangen E und G der Exzenter e und g sitzt die gerade Kulisse, an der Schieberstange t die Stange v u mit dem Stein. Sowohl die Kulisse als die Stange v u sind an Hängeschienen und zwar erstere an a und letztere an u b aufgehängt und mittels derselben zugleich mit dem Doppelwinkelhebel b a d c verbunden, so dass eine Drehung dieses Hebels sowohl die Kulisse als den Stein und zwar in entgegengesetzter Richtung auf- und abbewegt.

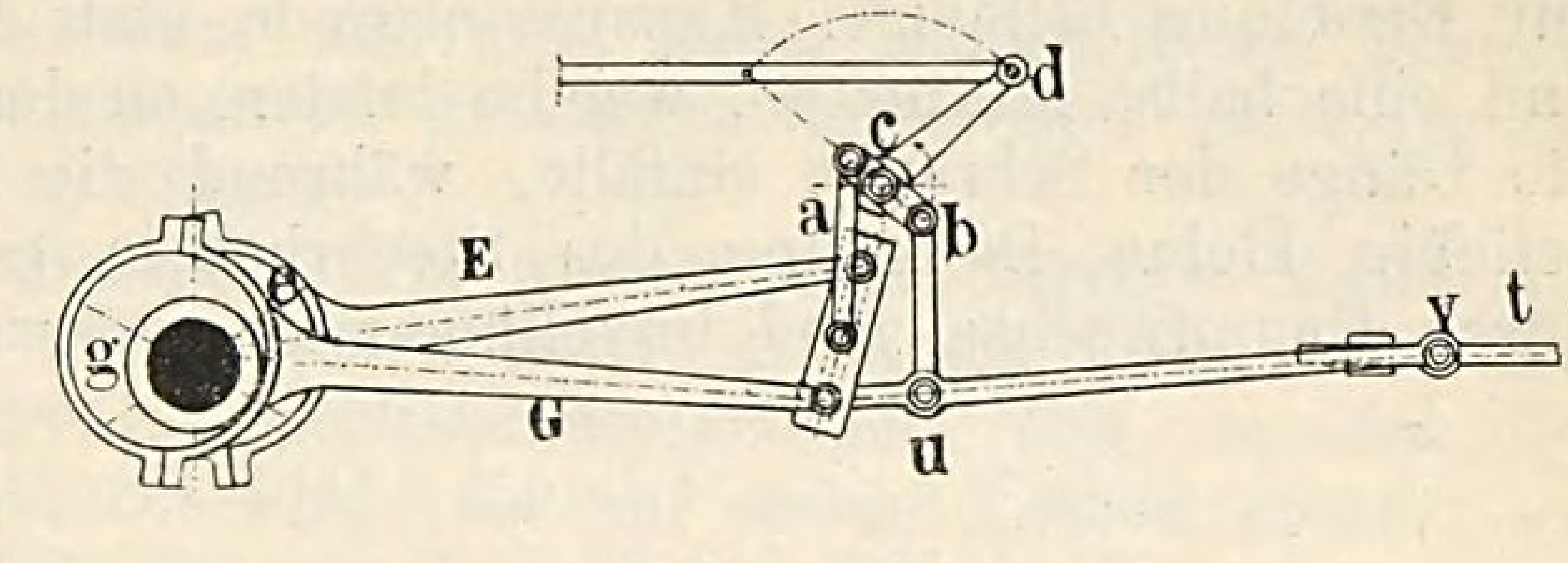


Fig. 442.

Wie leicht erkennbar ist, besitzen diese Umsteuerungen das Eigentümliche, dass die Excenterstangen bei ihrer Hin- und Herbewegung die Kulissen um ihren Mittelpunkt in Schwingung versetzen. Liegt daher der Stein in der Mitte, so macht derselbe nur die Schwingung um die Kulissendrehachse mit, und überträgt demnach keine solche Bewegung auf den Schieber, dass dadurch ein bemerkenswerter Einfluss auf die Dampfverteilung ausgeübt wird. Der Schieber kann vielmehr als ruhend angesehen werden, so dass die bezeichnete Lage des Steines der ruhenden Mittellage des Schiebers und somit dem Stillstande der Maschine entspricht. Demgemäss bildet die Kulissensteuerung zugleich ein sehr bequemes Mittel, die damit ausgestattete Dampfmaschine sofort in Stillstand zu versetzen, indem man mittels des Steuerhebels die Kulisse in die Mittellage bringt.

Die schwingende Bewegung der Kulisse hat ferner zur Folge, dass die Bewegung des Steines und damit des Schiebers mit der Entfernung desselben von der Kulissenmitte wächst oder abnimmt, und dass eine bestimmte Lage der Kulisse einen bestimmten Schieberweg hervorruft. Diese weitere Eigentümlichkeit der Kulissensteuerung ist aber gleichbedeutend mit einer Veränderung der Exzentrizität, welche, wie oben S. 516 erklärt wurde, die Möglichkeit darbietet, bei einer Steuerung mit einem Schieber verschiedene Expansionsgrade hervorzurufen. Da nun mittels des Steuerhebels jede Zwischenstellung der Kulisse zwischen der Mittellage und den äusseren Lagen also in beiden Bewegungsrichtungen der Dampfmaschine leicht erreicht werden kann, so ist die Kulissensteuerung ausserdem ein vorzügliches Organ zur Erzeugung einer veränderlichen Expansion.

Um an dem Steuerhebel der Kulissensteuerung die Lage der Kulisse einerseits sicher erkennen, andererseits in einer bestimmten Stellung entsprechend dem Drehsinn der Kurbelwelle, dem Stillstand der Maschine und dem Verhältnisse der Expansion erhalten zu können, ist (Fig. 440) neben dem Steuerhebel H ein Bogen v r angebracht, der auf der oberen Kante mit Einschnitten versehen ist, in welche ein mit dem Hebel H verbundener Zahn einfallen kann. Dabei entspricht die Stellung des Hebels mit dem Zahn in v der Vorwärtsbewegung, in r der Rückwärtsbewegung, in o dem Stillstand, und zwischen o und v oder o und r den Expansionsverhältnissen,

welche durch angebrachte Zahlen zu erkennen sind. — Da bei Anwendung des gezahnten Bogens das Expansionsverhältnis durch die Teilung bestimmt wird und daher nur in Abstufungen zu wählen ist, so wendet man häufig zur Erzielung beliebiger Expansionsgrade statt der Zähne eine Schraube und eine halbe Mutter an, welche letztere an der Sperrstange H sitzt und in die Gänge der Schraube einfällt, während die Drehung der letzteren eine beliebig kleine Bewegung des Steuerhebels gestattet. — Umsteuerungen durch Dampfwechsel sind unvollkommen und wenig in Verwendung.

C. Erweiterte Schiebersteuerungen.

Die mechanische Arbeit $\mathfrak{a}$, welche zur Bewegung des Schiebers aufgewendet werden muss, setzt sich zusammen aus dem Reibungswiderstand und dem Schieberwege s und da der erstere gleich ist dem Produkte aus Druck P und Reibungskoeffizient f so wird also

$$\mathfrak{a} = P f s$$

Da diese verlorene Arbeit bei hohen Dampfspannungen und bei langen Schieberwegen sehr bedeutend werden kann, so sucht man in manchen Fällen eine Verminderung herbeizuführen, indem man den Druck auf den Schieber beseitigt oder verkleinert, oder den Schieberweg verkürzt. Diese erste Art die Schieberarbeit zu vermindern, hat zur Konstruktion der entlasteten Schieber, die zweite Art zur Konstruktion der Gitterschieber geführt, denen sich die Kanalschieber anschliessen.

Naturgemäss sucht man bei der Schiebersteuerung auch die grossen Vorteile zu erzielen, welche in einer weitgehenden Expansion liegen und zwar mit Vermeidung der Unvollkommenheiten und Umständlichkeiten, welche mit der Anwendung des gewöhnlichen einfachen Schiebers für diesen Zweck unvermeidlich verbunden sind, wenn die Expansion derart geregelt werden soll, dass sie in ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis zu dem Gang der Maschine tritt. Besondere Schieberordnungen, welche dem genannten Zwecke dienen, bezeichnet man kurz mit Expansionsschiebersteuerungen.

Die sämmtlichen erwähnten Schieberabarten mit ihren Bewegungsanordnungen umfassen diejenige Klasse der Steuerungen, die man zweckmässig unter dem Namen erweiterte Schiebersteuerungen zusammenfasst.

I. Entlastete Schieber, Kolbenschieber, Gitterschieber, Kanalschieber.

Die Entlastung sucht man entweder dadurch zu erreichen, dass man den Zutritt des Dampfes zur Rückenfläche aufhebt oder indem man den Schieber und die Kanäle in der Weise anordnet, dass der frische Dampf unter dem Schieber eintritt, oder indem man den Dampfdruck ausgleicht. — Unter den zahlreichen Entlastungsschiebern sind folgende besonders hervorzuheben.

Zum Abschluss des Dampfes erhebt sich auf dem Schieberrücken ein Rand, der sich dampfdicht an eine Gleitplatte anschliesst, die unter dem Schieberkastendeckel befestigt ist. — Zweckmässiger ist eine ähnliche Anordnung, bei welcher dieser Rand aus einem kreisförmigen Ring gebildet

ist, der in einer Nut des Schieberrückens auf Federn liegt, also durch eine elastische Zwischenlage an die Deckplatte gepresst wird und dadurch die Abnutzung ausgleicht. Eine feine Bohrung durch den Schieber verbindet den unteren Schieberraum mit dem Raum innerhalb des Ringes, um den bei etwaigem mangelhaftem Anschluss des Ringes eintretenden Dampf unter den Schieber zu führen.

Zur Ausgleichung des Dampfdruckes wendet man folgende Mittel an: 1. Man hängt den Schieber mittels einer Stange an einem Kolben auf, der dampfdicht in einem Cylinder des Schieberkastendeckels sitzt, so dass der Schieber um den Druck entlastet wird, der auf diesen Kolben kommt. — 2. Der Schieberrücken selbst wird als bewegliche Scheibe konstruirt, die dampfdicht wie ein Kolben eingesetzt und entweder an einer Stange unter dem Deckel aufgehängt oder auf eine Stütze gesetzt wird, die unter dem Schieber mit diesem hin- und herpendelt. — 3. Der Schieberrücken ist in der Mitte mit einer viereckigen Durchbrechung versehen und an der unteren Fläche eben abgeschliffen und mit dieser Fläche auf eine ebenfalls ebene Platte gelegt, welche, von Stützen getragen, innerhalb des Schiebers fest angebracht ist, so dass der Schieberrücken mit seiner u n t e r e n Fläche auf dieser Tragplatte sich hin- und herbewegt und der Schieber um denjenigen Teil des Dampfdruckes entlastet wird, der auf die durchbrochene Fläche kommt (S c h a l t e n b r a n d). — 4. Man versieht den Schieber mit Schleiffedern, welche den Dampfdruck aufnehmen. — 5. Die Dampfleitung wird umgekehrt, indem der frische hoch gespannte Dampf durch denjenigen Kanal in der Cylinderwand zuströmt, der sonst zum Ausströmen dient und daher unter dem Schieber in die Dampfkanäle gelangt, während die Dampfausströmung in den Schieberkasten stattfindet (U n t e r d r u c k s c h i e b e r).

Die Entlastung der Schieber ist stets mit Rücksicht darauf zu bemessen, dass die im Cylinder entstehende und auf den Schieber zurückwirkende Kompression den Schieber nicht von der Schieberfläche abhebt. Demnach kann die Entlastung der Schieber keine vollständige, in manchen Fällen nur von solcher Grösse sein, dass man dieselbe ganz der Einfachheit der Anlage opfert. Wenn dahingegen die Arbeitsflächen der Schieber cylindrisch angeordnet werden und sich in einem cylindrischen Gehäuse bewegen, so ist nicht nur ein Abheben des Schiebers von dem Schieberspiegel ausgeschlossen, sondern auch eine vollständige Entlastung zu erreichen. Dadurch verwandelt sich der flache Muschelschieber in den runden K o l b e n - s c h i e b e r, dessen Anwendung in den Fällen sich besonders empfiehlt, in welchen die Bewegung sehr leicht sein, z. B. auch von Menschenhand vorgenommen werden soll z. B. bei Umsteuerungen.

Zu den zweckmässigsten Ausführungen eines Kolbenschiebers gehört die in Fig. 443 gezeichnete. Die beiden Ringe d und e ersetzen die Schieberdeckflächen und sind in dem cylindrischen Gehäuse eingeschliffen, oder noch vorteilhafter als Kolbenringe (Fig. S. 126) angeordnet. Der eigentliche Kolben H ist ein Hohlcylinder, dessen äusserer zwischen d und e liegender Teil die Mulde des Schiebers bildet (R o h r s c h i e b e r). Der Dampf tritt bei D ein und durchströmt den Kolben, so dass dieser die Kammer ersetzt. Je nach der Bewegung

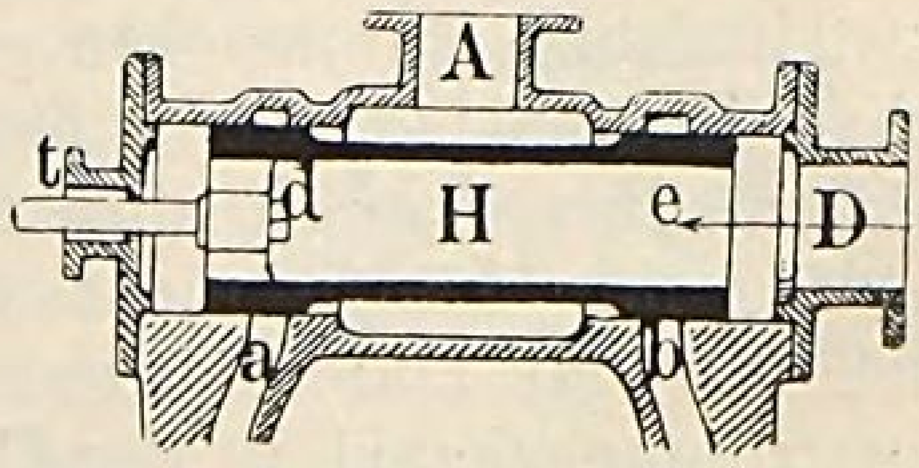


Fig. 443.

des in der Mittellage gezeichneten Kolbens durch die Stange t, wird einer der Dampfkanäle a oder b frei für den Dampfeintritt, während der andere den Dampf entlässt, der um H herum aus dem Stutzen A entweicht. Die an der inneren Gehäusewand herumlaufenden Nuten dienen nebst der Form zur Entlastung des Kolbens. — Kleine Kolbenschieber werden massiv ausgeführt.

Durch Benutzung des inneren Hohlraums lässt sich der Kolbenschieber in der durch nebenstehende Fig. 444 vergegenwärtigten Ausführung (Baldwin) auch zur Dampfverteilung in einer Woolf'schen Maschine einrichten. Während nämlich dem Hochdruckcylinder H je nach der Stellung des Kolbenschiebers S frischer Dampf aus dem Schieberkasten K am linken oder rechten Ende durch die Dampfkanäle a oder b zugeführt wird, tritt der gebrauchte Dampf durch das Innere des Schiebers abwechselnd vermittelst der Kanäle d und e in den Expansionscylinder E. Ausserdem gelangt der im letzteren zur Wirkung gekommene Abdampf wie bei einem gewöhnlichen Kolbenschieber um diesen herum durch den Abdampfkanal c c ins Freie oder zum Kondensator.

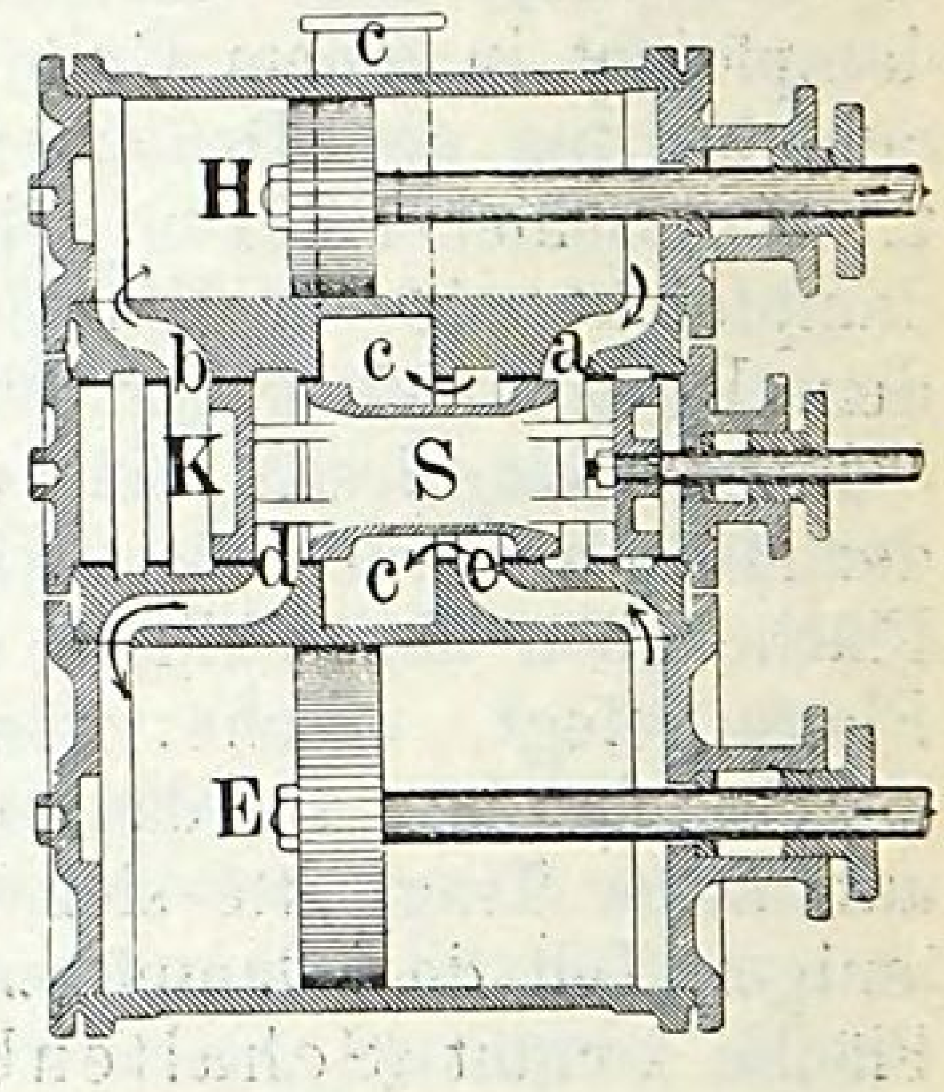


Fig. 444.

Zur Verkürzung des Schieberweges bedient man sich vielfach des S. 112 Fig. 161 II erklärten Gitterschiebers und zwar in mehrfacher Anordnung, wovon der in Fig. 445 dargestellte als Beispiel gelten kann (Penn). Die Kanäle a und b laufen mit den beiden Zweigen 1 und 2 aus. Der Muschelschieber S besitzt zwei Kammern d, d, die an beiden Seiten in die Dampfkammer und einen Schlitz nach unten münden, so dass nach entsprechender Schieberbewegung die Kanalzweige 1 und 2 direkt aus einer der Kammern d Dampf aufnehmen, während der ausströmende Dampf durch den Schieber dem Kanal c zugeführt wird.

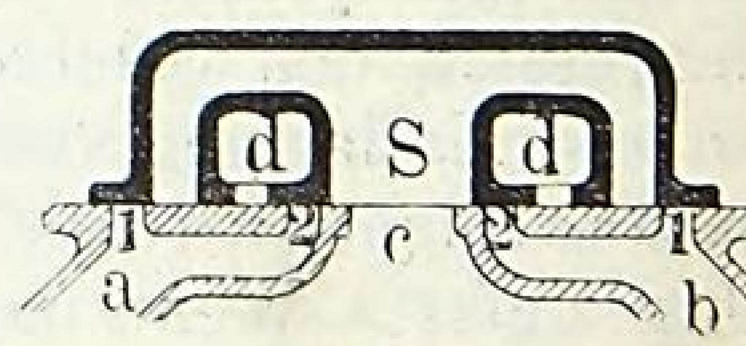


Fig. 445.

Bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen mit Schiebersteuerungen bilden die Dampfkanäle Fortsetzungen des inneren Cylinderraums also schädliche Räume (S. 510), die um so grösser ausfallen je länger die Cylinder sind, wenn die Kanäle die Cylinderwände bis an den in der Mitte liegenden Austrittskanal durchziehen. Es trägt deshalb zur Verkleinerung der schädlichen Räume bei, wenn die Dampfkanäle dadurch möglichst kurz gemacht werden, dass man sie direkt durch die Wände in den Schieberkasten führt, so dass ihre Länge nicht erheblich grösser, als die Cylinderwandstärke ausfällt. Zur Durchführung einer solchen Anordnung muss entweder der Ausströmungskanal in der Cylinderwand bis an die Dampfkanäle verlängert und in nächster Nähe derselben, also mit zwei Öffnungen auf die Schieberfläche geführt und mit zwei Schiebern versehen werden oder es ist ein langer über die äusseren Kanäle reichender Schieber anzuwenden. Die

erste Einrichtung hat zu dem sog. halbirten oder geteilten Schieber, die zweite zu dem sog. Kanalschieber geführt.

Der geteilte Schieber (Fig. 446) besteht aus den zwei Schiebern A und B, welche auf einer gemeinschaftlichen Schieberstange t angebracht sind und sich nach gewöhnlichen Schiebergesetzen bewegen. Die kurzen Dampfkanäle sind bei a und b, der lange Ausströmungskanal bei c sichtbar.

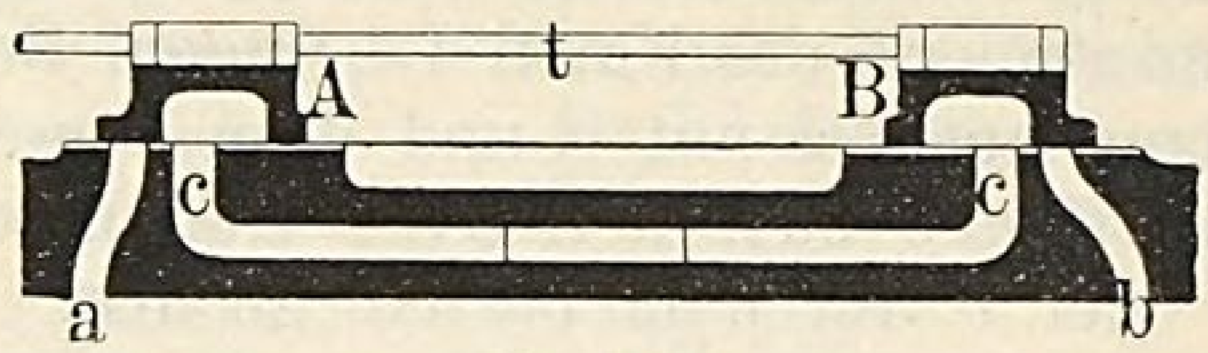


Fig. 446.

Bei dem langen Kanalschieber (Fig. 447) erhält der Ausströmungskanal c seine Lage neben einem der beiden Dampfkanäle a und b. Damit der Dampf aus dem Kanal a in den Kanal c gelangen kann, ist der Schieber mit einem Kanal e e versehen, der je nach der Schieberstellung a oder b mit c verbindet, weshalb die über c hin- und hergehende Kanalmündung entsprechend breiter sein muss. Indem der Dampf im Schieberkasten den mittleren Teil des Schiebers ganz umgiebt, ist derselbe zugleich entlastet.

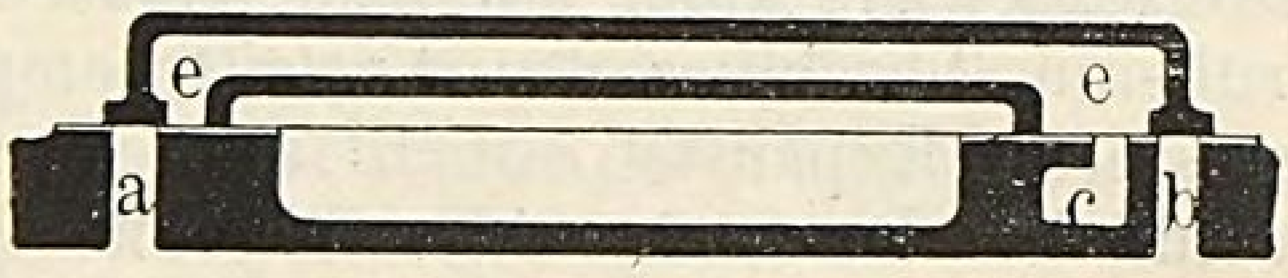


Fig. 447.

Mit dem in Fig. 448 dargestellten kurzen Kanalschieber (Trick) erzielt man durch eine doppelte Einströmung eine schnelle Dampfzufuhr, wie sie bei schnell gehenden Dampfmaschinen erwünscht ist. Zu dem Zwecke erhält der Schieber S im Innern einen Kanal e e, welcher bei bestimmten Stellungen des Schiebers über die Kanten 1, 2 des Schieberspiegels hinaus also in den Dampfraum der Dampfkammer hineintritt. Infolgedessen strömt der Dampf nicht nur auf gewöhnlichem Wege, sondern auch durch diesen Kanal ein, wodurch die Kanäle a und b sehr rasch voll geöffnet und geschlossen werden.

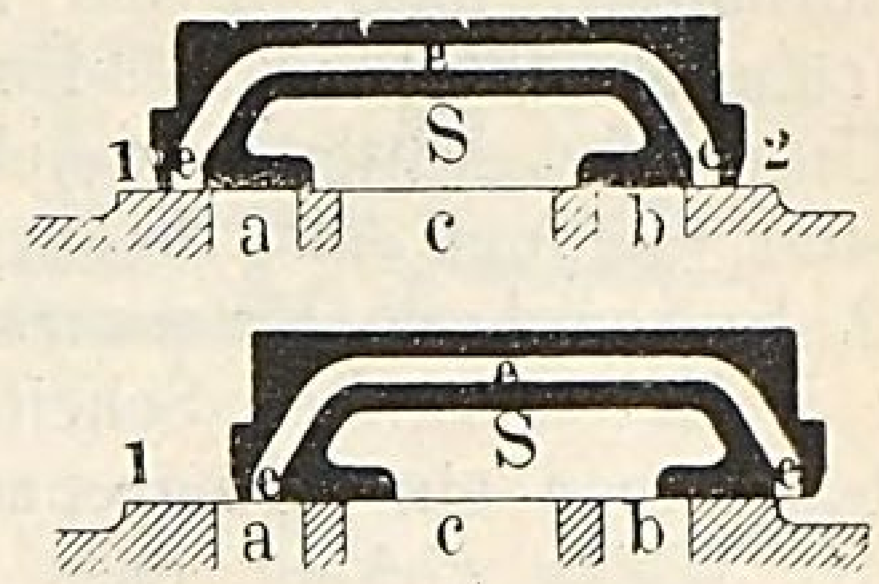


Fig. 448.

Wenn dem kurzen Kanalschieber auch äussere Deckungen gegeben werden, so ist derselbe anzusehen als zwei übereinander gelegte Muschelschieber (Hick) und in dieser Ausführung ein einfaches Organ für die Dampfverteilung einer zweicylindrischen (Woolf'schen) Dampfmaschine (S. 496) unter der Voraussetzung, dass beide Kolben einen gleich gerichteten Lauf nehmen und die Cylinder nebeneinander stehen oder liegen. Wie aus Fig. 449 hervorgeht, treten dann fünf Kanäle a, b, c, d, e auf die Schieberspiegelfläche, die an dem kleinen (Hochdruck-) Cylinder angebracht ist. Davon gehören die Kanäle a und b dem kleinen (Hochdruck-) Cylinder an, während die Kanäle d und e zum grossen (Niederdruck-) Cylinder führen, und c der allgemeine Ausströmungskanal ist, der den Dampf zum Kondensator leitet. Der Gang dieser Maschine erfordert, dass abwechselnd die Kanäle a und b zuerst mit der Dampfkammer, dann aber a mit e und d mit c für die eine Bewegungsrichtung und zuletzt b mit d und e mit c für die

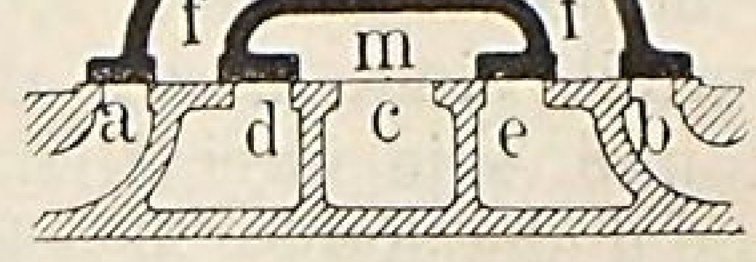


Fig. 449.

andere Bewegungsrichtung in Verbindung gebracht wird, damit einerseits der gebrauchte Dampf des kleinen Cylinders in das entgegengesetze Ende des grossen Cylinders und der diesen verlassende Dampf zum Kondensator gelangt. Zu dieser Verteilung dient einerseits die untere Muschel m, andererseits der Kanal f f, indem der letztere abwechselnd a und b für den Dampfaustritt mit c und d in dem Augenblicke verbindet, in dem umgekehrt in b oder a frischer Dampf eintritt und der gebrauchte Dampf aus d oder e durch m nach c gelangt.

II. Expansionsschiebersteuerungen.

Bei der Bewegung des gewöhnlichen Muschelschiebers mittels eines Kreisexzenters zieht ein früher Abschluss des frischen Dampfes auch einen früheren Abschluss des Austrittsdampfes nach sich, d. h. es ist mit einer grösseren Expansion auch eine entsprechend starke Kompression unvermeidlich. Der mit einer übermässigen Kompression verbundene Nachteil gestattet es daher nicht, mit diesem einfachen Schieber eine erhebliche Expansion zu gewinnen, indem diese hier auf etwa $^3/_4$ Füllung d. h. derart beschränkt bleiben muss, dass der Schieberabschluss für den frischen Dampf erst eintritt, wenn der Cylinder ungefähr zum $^3/_4$ seines Inhalts mit frischem Dampf gefüllt ist.

Um die grossen wirtschaftlichen Vorteile der Expansion in einem Cylinder nicht preiszugeben, ist es daher notwendig den Schieber so einzurichten, dass er bei rechtzeitigem Abschluss des Austrittdampfes einen früheren Abschluss des Eintrittdampfes, also der Volldruckperiode ermöglicht. Unter den Mitteln, welche zu diesem Zwecke in Anwendung gekommen sind, können als die wichtigsten gelten: 1. unrunde Scheiben — 2. besondere Expansionsschieber — 3. zwei Exzenter.

Die unrunden Scheiben (S. 65) sitzen auf einer drehenden Welle und bekommen eine Umgrenzung, mit welcher sie gegen die Schieberstange in der Weise wirken, dass diese Stange und somit der Schieber in gewissen Zeitintervallen schnell in die passende Lage verschoben, in dieser dann aber eine Zeit lang in Ruhe gehalten werden. Diese Wirkungsweise sowie die Konstruktion einer solchen Scheibe geht aus Fig. 450 hervor. Der Schieber hat vier Stellungen einzunehmen, nämlich I wenn der Kolben seine Bewegung von der Todpunktlage beginnt, bis zum Eintritte der Expansion (Volldruckperiode); II die Stellung während der Expansionsperiode; III bei der Kolbenrückkehr, desgleichen während der Volldruckperiode und IV während der Expansionsperiode. — Diesen vier Bewegungen entsprechen die vier durch Abrundungen in einander übergehenden Stufen 1, 2, 3, 4 der Scheibe, welche in der Weise verteilt sind, dass z. B. bei $^1/_3$ Füllung 1 und 3 ein Drittel, 2 und 4 je zwei Drittel des Kreises einnehmen. Der Abstand der Kreise beträgt natürlich soviel wie die Breite des Dampfkanals a oder b. Dadurch ergiebt sich zugleich, dass die Summe zweier in eine Linie fallenden Radien gleich ist und dass deshalb die gegen die Scheibe gedrückten Laufrollen r und r stets in gleicher Entfernung von einander bleiben. — Da bei diesen

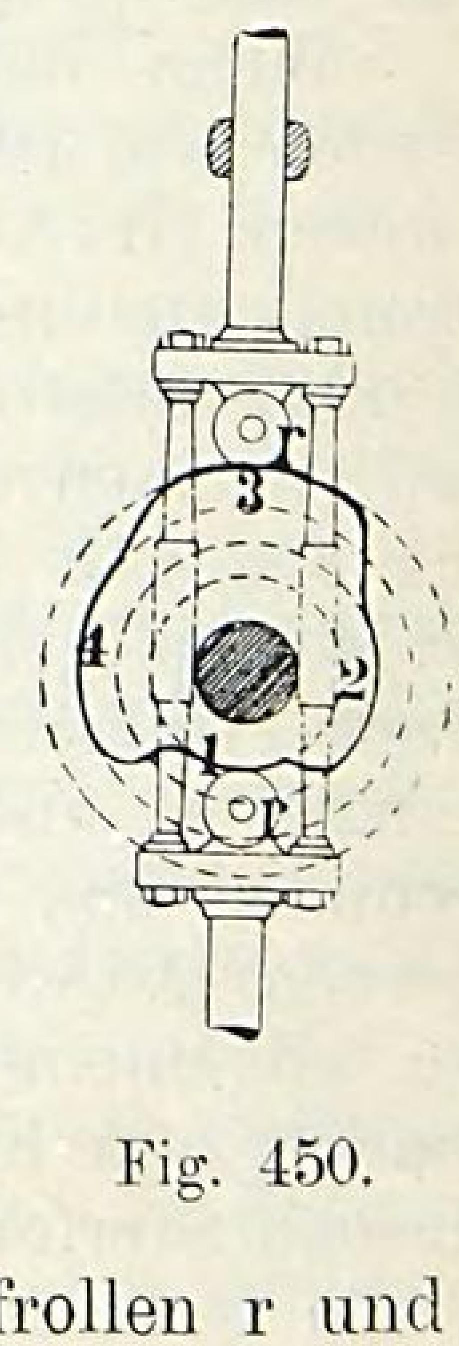


Fig. 450.

unrunden Scheiben der Expansionsgrad von der Verteilung also der Länge der Stufen abhängt, so kann man durch Aneinanderlegen mehrerer Scheiben von verschiedener Teilung oder durch einen Cylinderkörper mit Stufen einen veränderlichen Expansionsgrad hervorbringen, wenn die Stufen 1 und 3 schmäler und die Stufen 2 und 4 breiter werden, und der Cylinder in der Achsenrichtung sich verschieben lässt. — Dass die unrunden Scheiben auch durch Nutenscheiben ersetzt werden können, deren Nuten nach demselben Gesetze verlaufen, ist schon S. 65 hervorgehoben.

Gebräuchlicher für die Erreichung hoher Expansionen in einem Cylinder sind die Einrichtungen, welche auf dem Prinzip beruhen: den Eintritt des Dampfes in den Cylinder von einem besonderen Organ abhängig und die Wirkung des eigentlichen Schiebers (Verteilungsschieber, Hauptschieber) unveränderlich zu machen. Das genannte Organ ist entweder ein Schieber oder ein Ventil und wird von der Betriebswelle direkt bewegt oder mit einem Regulator in Verbindung gebracht, um den Expansionsgrad veränderlich machen und dadurch den Gang der Dampfmaschine den Betriebsverhältnissen ohne weiteres anpassen zu können.

Nach einer Anordnung erreicht man den in Rede stehenden Zweck einfach dadurch, dass man die Dampfkammer (Fig. 451) durch eine Wand in zwei Teile teilt (Doppelkammer), diese Wand an einer Stelle e durchbricht und mit einer Platte P bedeckt, welche von einem Exzenter bewegt, die Öffnung e nach Bedürfnis bedeckt oder frei lässt. Infolgedessen wird der in 1 zutretende Dampf je nach der Stellung der Platte P in den eigentlichen Schieberkasten 2 eintreten oder zurückgehalten (abgesperrt), und zwar nur insofern abhängig von der Stellung des Verteilungsschiebers S als bei der Kolbenumkehr die Öffnung e vollständig frei sein muss, aber bereits von der Platte (Expansionsschieber) geschlossen wird, bevor der Hauptschieber die Dampfeinströmung absperrt. — Bei einer anderen Ausführung wird die Öffnung in der Zwischenwand durch ein Kegelventil von aussen her verschlossen, oder ein solches Kegelventil an der Stelle angebracht, wo der Dampf in den Schieberkasten eintritt.

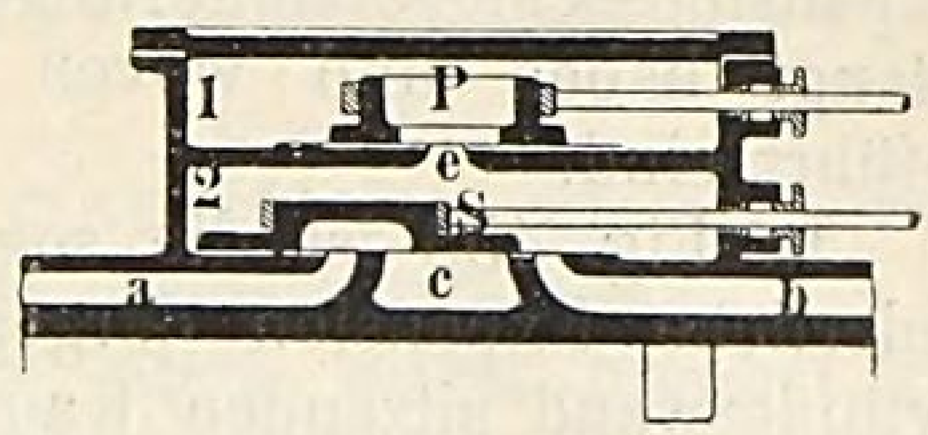


Fig. 451.

Alle diese Expansionsvorrichtungen haben den grossen Nachteil gemeinschaftlich, dass nach Verschluss der Dampfeinströmung neben dem Dampf im Cylinder auch der Dampf im Schieberkasten sich expandirt und an Spannung abnimmt, so dass nach jeder Kolbenbewegung der Inhalt des Schieberkastens mit frischem Dampf auf eine höhere Spannung gebracht werden muss. Abgesehen von der Wärmemenge, die durch Abkühlung des frischen Dampfes an den Wänden des Schieberkastens verloren geht, ist ein erheblicher Wärmearbeitsverlust durch diese Wiedererwärmung des im Schieberkasten zurückgebliebenen Dampfes bedingt, weil der Schieberkasten als eine Vergrösserung des schädlichen Raums gelten kann. Aus diesen Gründen sind die früher oft verwendeten geteilten Schieberkasten oder Abschliessorgane an der Dampfeinströmung zum Zwecke der Expansion nunmehr verlassen und in zweckmässiger Weise ersetzt durch einen Expansionsschieber, der direkt auf der Oberfläche (Rücken) des Verteilungsschiebers oder Grundschiebers bewegt wird.

Zu dem Zwecke ist der Grundschieber S (Fig. 452) mit zwei Kanälen

x und z versehen, die bei der betreffenden Stellung des Schiebers als Verlängerungen der Dampfkanäle a und b zu betrachten sind. Diese Kanäle x und z vermitteln den Eintritt des Dampfes aus dem Dampfkasten in den Cylinder also desgleichen infolge eines zeitgemässen Abschlusses die Expansion. Zur Hervorbringung des Abschlusses dient die Platte e e, welche auf dem glatten Schieberrücken in der Weise mittels der Schubstange s, von einem besonderen Exzenter aus hin- und herbewegt wird, als es der Expansionsgrad verlangt. In der gezeichneten Stellung z. B. ist die sich nach rechts bewegende Expansionsplatte e e im Begriffe, den Kanal z abzuschliessen, um die Expansion eintreten zu lassen, woraus zugleich erkannt werden kann, dass der Expansionseintritt nicht nur abhängig ist von der Stellung des Schiebers e e, sondern auch von dem Abstande der äusseren Kanten desselben von den Kanten der Kanäle x und z und von der Grösse der Bewegung, also von der Grösse des Schiebers, von der Grösse der Exzentrizität und der Stellung des Exzenters zu der Kurbel und zu dem Exzenter des Grundschiebers.

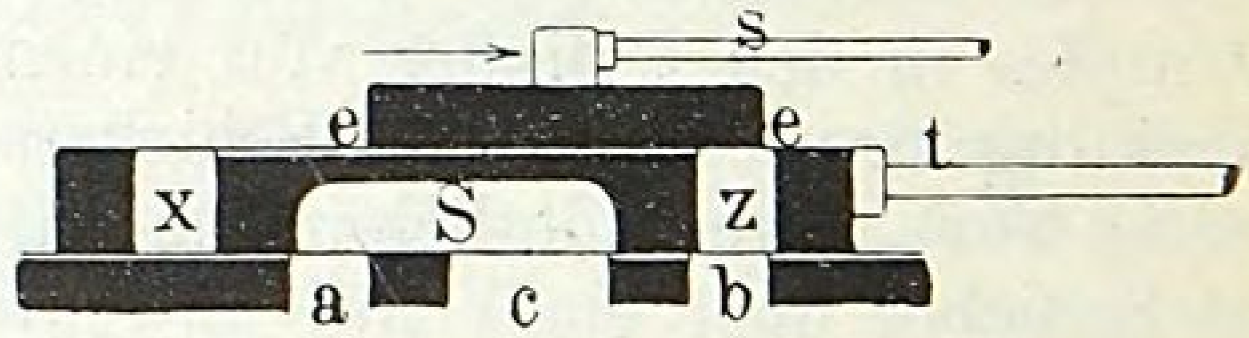


Fig. 452.

Auf Grund der Erwägung, dass von diesen Elementen der Expansionsgrad bestimmt werden kann und die ganze Anordnung die Nachteile des Zweikammersystems umgeht, ist diese Anordnung die Grundlage mehrerer Expansionsschiebersteuerungen geworden, die eine grosse Verbreitung erlangt haben und wovon die wichtigsten in Fig. 453 u. f. vor Augen geführt sind.

In Fig. 453 ist die sog. Meyer'sche Expansionssteuerung für veränderliche Expansion dargestellt. Man erkennt in a, b und c die in der Cylinderwand sitzenden Kampfkanäle und in S den Schieber in der Mittelstellung. Dieser Schieber hat symmetrisch verteilt zwei Durchbrechungen x und z, welche abwechselnd a und b mit dem Innern der Dampfkammer K in Verbindung setzen, während der innere Rahmen des Schiebers diese Verbindung durch Bedecken aufhebt und die abwechselnde Verbindung der Kanäle a und b mit dem Ausströmungskanal c von der unteren Schiebermulde hergestellt wird. Die Schieberbewegung erfolgt mittels der Schieberstange t von einem gewöhnlichen Kreisexzenter und zwar unter Anwendung einer festen Expansion vermöge eines gewissen Voreilungswinkels mitunter auch ohne Voreilen. Zur Dampfverteilung behufs der Hervorbringung einer veränderlichen Expansion dienen zwei Platten e und e, welche als Verteilungsschieber auf dem Rücken des Dampfschiebers liegen und mittels einer Stange s von einem Kreisexzenter aus eine Hin- und Herbewegung erhalten. Zu diesem Zwecke liegt auf der Oberfläche jeder Platte e zwischen Knaggen festgehalten ein Klotz i mit einem Muttergewinde versehen zur Aufnahme der Schraube u, welche durch einen Keil mit der Stange s verbunden ist und daher die Bewegung dieser Stange aufnimmt und auf die Platten e, e überträgt. Um nun die Expansion zu verändern, ist nur eine Verschiebung der beiden Platten e, e erforderlich, weil von deren Lage der frühere oder spätere Abschluss der Kanäle x und z abhängt. Dazu dient die Schraube u, welche deshalb ein Links- und ein Rechtsgewinde bekommt, so dass durch Drehung dieser

Schraube eine Verschiebung von e, e veranlasst wird und zwar je nach der Drehrichtung unter Annäherung oder Entfernung derselben. Diese Drehung findet durch das Handrad h statt, das an einer in der Traverse m m angebrachten drehbaren Büchse sitzt, die mittels einer Feder in die Nut n n der Stange v eingreift also diese dreht, ohne sie an der Hin- und Herschiebung zu verhindern. Als Fortsetzung der Büchse ist eine

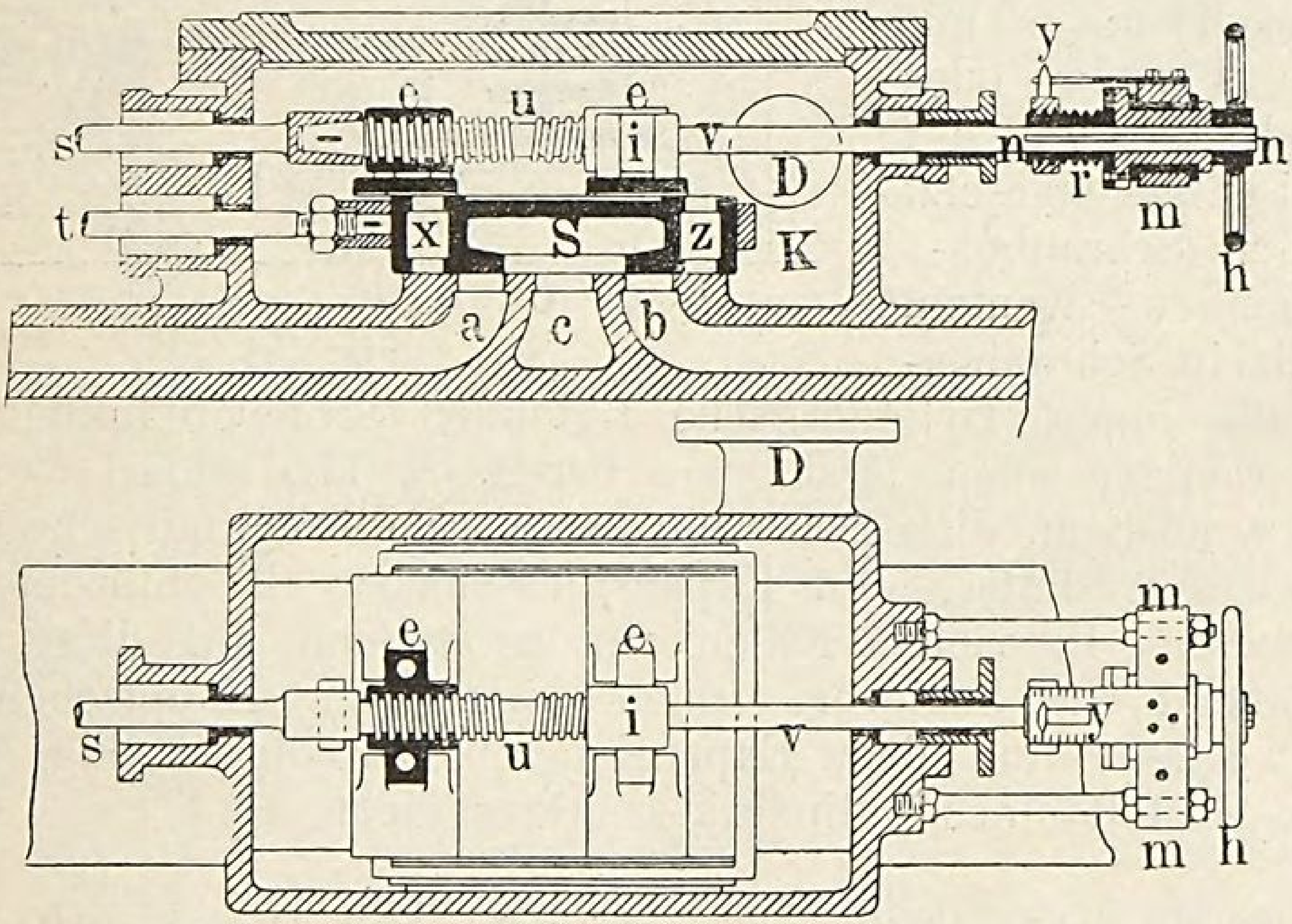


Fig. 453.

Schraube r vorhanden, welche einen Zeiger y verschiebt, der auf einer Skala den Expansionsgrad in Zahlen angiebt. Selbstverständlich ist die Schieberstange s mit der Exzenterstange durch einen Bügel drehbar verbunden. Eine Annäherung der Platten e e vergrössert, eine Vermehrung des Abstandes vermindert die Füllung, die demnach zu jedem Augenblicke durch Drehung von h geändert werden kann und zwar zwischen den Grenzen 0 und 1.

Die Schwierigkeit von einem Regulator aus direkt die Drehung der Schraube u genügend schnell und sicher zu bewerkstelligen, weil die zu überwindenden Widerstände gewöhnlich für empfindliche Regulatoren zu gross sind, bildet ein Hindernis für die selbstthätige Änderung des Füllungsgrades, weshalb man unter Beibehaltung des Grundgedankens eine Reihe von Anordnungen zur Durchführung gebracht hat, die in dieser Hinsicht weniger Schwierigkeiten darbieten.

Eine hierher gehörende viel gebrauchte Anordnung besteht in der Verwendung des S. 115 u. f. beschriebenen Schiebers (Bodmer-Rider), der durch eine Schwingung um eine Achse zur Wirkung gelangt, indem man durch einen Hebel den Regulator auf die Achse direkt einwirken lässt. Fig. 454 führt diese Steuerung vor Augen. Der Haupt- oder Grundschieber S, welcher von der Schieberstange t bewegt wird, gleitet mit den unteren ebenen Kanten auf dem Schieberspiegel n n zwischen Prismen geführt. Die obere Schieberfläche i i ist halbcylindrisch und mit einem ebenfalls halbcylindrischen Deckel D abgeschlossen, der durch die Schrauben u u

befestigt wird. Im Innern des durch i i und D gebildeten Hohlcylinders befindet sich der ebenfalls cylindrische Expansionsschieber E, befestigt auf dem viereckigen Prisma m, der Stange s und mit dieser sowohl um die Achse drehbar, als in der Achsenrichtung verschiebbar. Dieser Schieber E bildet mit der unteren Hälfte ein in die Cylinderfläche gelegtes Trapez, welches, je nachdem es mit der Stange s mehr oder weniger gedreht wird, mit den in zwei entgegengesetzt verlaufenden Schraubenlinien liegenden Kanten, die ebenfalls in Schraubenlinien auf die innere Cylinderfläche tretenden Schieberöffnungen x und z mehr oder weniger offen lässt, wie bereits S. 115 erklärt wurde. — Zu bemerken ist noch an dieser Ausführung, dass die cylindrische Gestalt der Gleitflächen es gestattet, den Expansionsschieber als entlasteten Schieber zu konstruieren. In vielen Fällen verzichtet man auf diese Entlastung und vereinfacht die Schieber, indem man vom Hauptschieber S den Deckel D weglässt und dem Expansionsschieber die in Fig. 168 S. 116 gezeichnete Gestalt eines Cylinderabschnittes giebt.

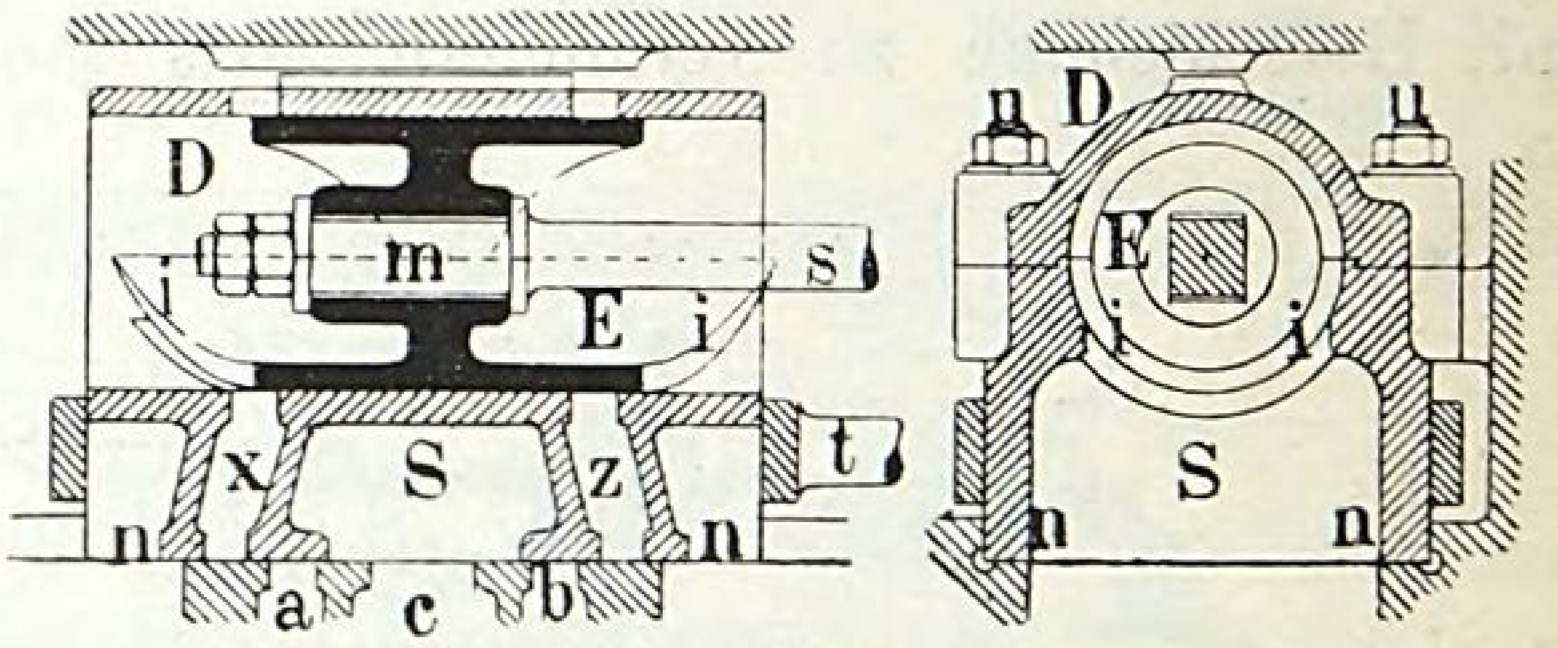


Fig. 454.

Eine andere Ausführung ist der sog. Schleppschieber. Hierbei erhalten die auf dem Rücken des Hauptschiebers S liegenden Expansionsschieber e e keine selbstständige Bewegung von einem Exzenter, sondern sie werden einfach von dem Hauptschieber hin und her mitgenommen, da sie infolge des Dampfdruckes durch Reibung auf dem Rücken für diese Mitnahme (Schleppen) genügend festliegen. Die zum Zwecke der Füllungsänderung notwendige Lagenveränderung der Expansionsschieber erfolgt nun dadurch, dass man bei der entsprechenden Kolbenstellung der Weiterbewegung derselben ein Hindernis in den Weg stellt, wodurch bewirkt wird, dass die Kanäle des sich weiter bewegenden Hauptschiebers sich mit den Expansionsschiebern bedecken. Dieses Hindernis besteht in Knaggen oder Daumen, gegen welche die Schieber stossen und die eine Veränderung ihrer Stellung gestatten, wie aus einer in Fig. 455 vor Augen geführten viel verwendeten Anordnung (Farcot) zu erkennen ist.

Der Hauptschieber S mit der Mulde und den zwei Durchbrechungen x und z unterscheidet sich von dem vorher beschriebenen (Fig. 454) nur dadurch, dass x und z mit der Dampfkammer K nicht durch einen breiten, sondern je durch drei schmale Schlitze in Verbindung steht, wodurch der Vorteil erreicht wird, dass zum vollen Öffnen und Schliessen nur eine drittel so grosse Verschiebung zwischen den Expansionsschiebern e e und dem Hauptschieber S notwendig ist. Die Expansionsschieber e und e bekommen entsprechend den drei Kanälen des Hauptschiebers zwei Schlitze, so dass, wie der links sichtbare Schieber zeigt, bei einer bestimmten Stellung volles Einströmen beziehungsweise bei der Lage rechts voller Abschluss vorhanden ist. Zum Zwecke der Mitnahme erhalten die Platten e, e einen Andruck an den Rücken des Schiebers S durch die Pressung des Dampfes und ein Paar Spannfedern, die mitschleifen. Zur Endbegrenzung ihrer

Bewegung dienen die Bolzen p und f, die gegen einander stossen, während die andere Lagenänderung dadurch hervorgebracht wird, dass die beiden Platten mit Nasen n, n gegen die Daumen i stossen, die aus einem Stücke hergestellt an einer Stange s über den Platten schweben. Je nach der Stellung der Daumen i tritt dieses Anstossen früher oder später ein, weshalb die Stellung der Daumen dem Gang der Maschine in einfacher Weise dadurch angepasst wird, dass man die Stange s mit dem Regulator verbindet, der dieselbe um etwa 90° hin- und herschwingen kann. — Eine Abweichung von dieser Konstruktion besteht in der Vereinigung der zwei Platten e e zu einer, wodurch die Anstossstifte p und f in Wegfall kommen.

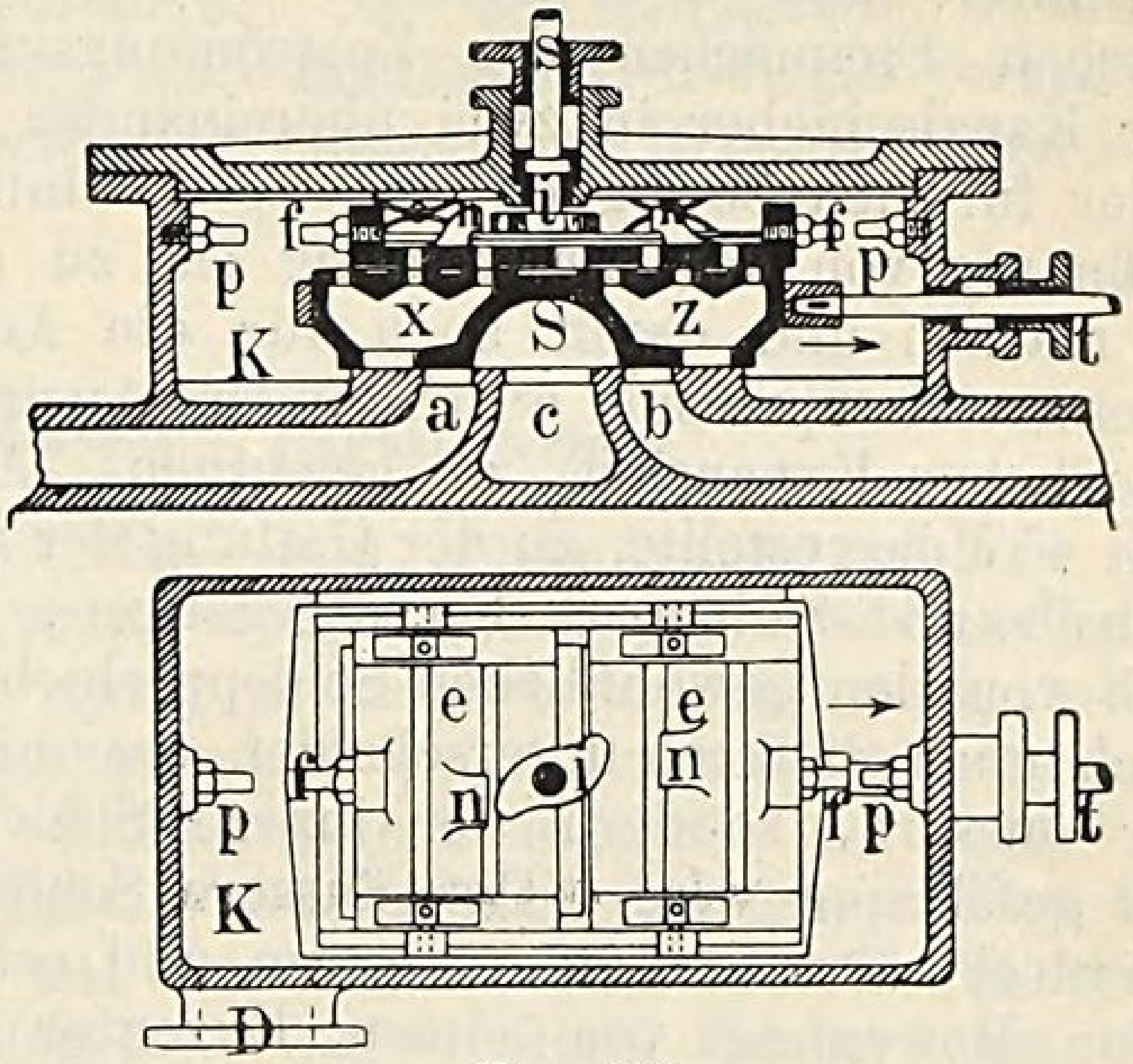


Fig. 455.

Die Wirkung, welche bei dem Schleppschieber Fig. 455 durch den Anstoss der Daumen an die Knaggen zweier Platten erreicht wird, lässt sich auch dadurch hervorbringen, dass man an Stelle der Daumen von der Seite her einen Keil zwischen die Knaggen schiebt, an welchen die letzteren je nach seiner Stellung früher oder später anstossen. Unter den konstruktiven Durchführungen dieser Anordnung sei hier die in Fig. 456 vergegenwärtigte (Guhrauer) als eine häufig angewendete hervorgehoben. Der Grundschieber S mit den zwei Kanälen x und z und zwei Mulden m und m erhält seine Bewegung von der Schieberstange t und trägt auf seinem Rücken die Platten e, e die durch Reibung festliegen also mitgeschleppt werden. Zum Zwecke der inneren Begrenzung ist auf der drehbaren Welle s s eine Muffe i angebracht, welche in eine Ebene abgewickelt ein Trapez bildet, also angesehen werden kann als ein um die Welle s gewickelter dünner breiter Keil. Diese Muffe liegt mit dem nach unten gekehrten Teile zwischen den Knaggen n, n der Scheiben e, e, so dass die Knaggen an dieselbe anstossen. Durch Drehung der Welle s wird nun je nach dem gewünschten Expansionsverhältnisse ein schmaler oder ein breiterer Teil von i nach unten gebracht und damit ein späterer oder ein früherer Anstoss der Knaggen verursacht. Da es sich bei dieser Einstellung höchstens um eine ganze Umdrehung der Welle s handeln kann, so ist auch die Möglichkeit gegeben, diese Drehung von dem Dampfmaschinen-Regulator ausführen zu lassen, also mit dem Gang der Maschine in Verbindung zu bringen. Zur äusseren Begrenzung der Plattenbewegung dienen die Knaggen f f und die auf der Welle s sitzenden Scheiben p p.

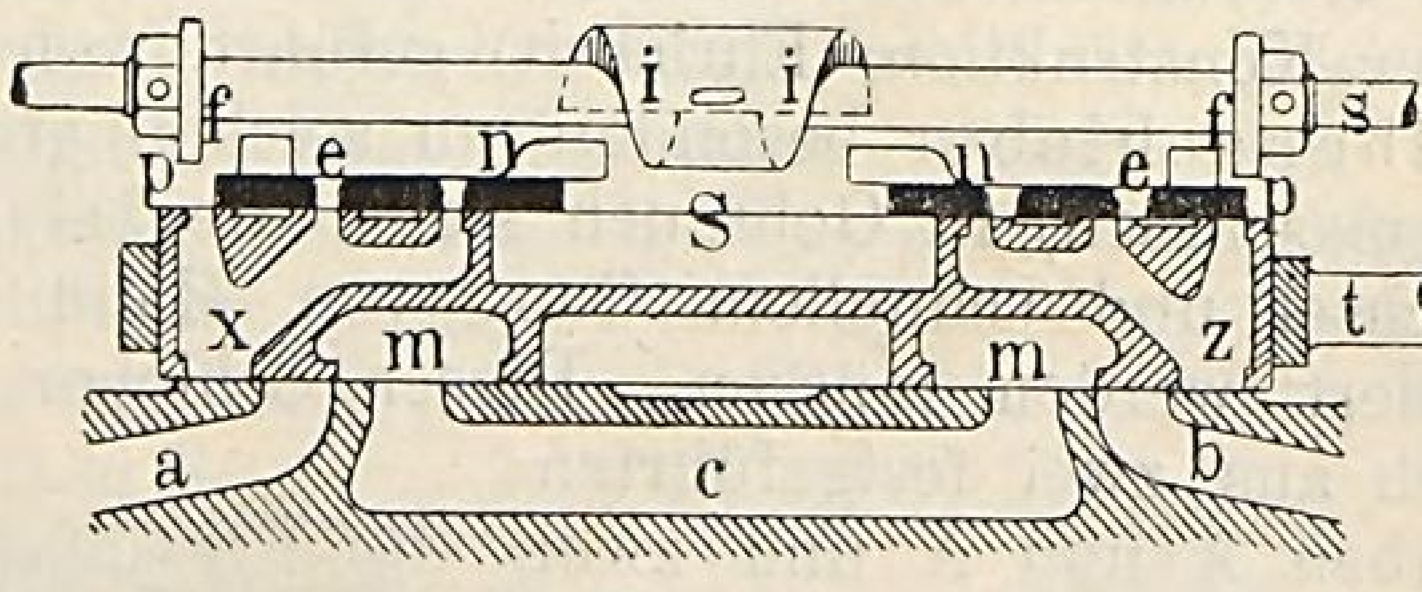


Fig. 456.

Der kurze (Trick'sche) Kanalschieber (Fig. 418 S. 523) ist anzusehen als zwei übereinander gelegte aber fest miteinander verbundene Schieber, wovon der äussere die Dampfzuströmung, der innere die Dampfausströmung vermittelt und zwar ersterer mit dem besonderen Vorteil der mit dem raschen Freimachen der Zuströmungskanäle zusammenhängt. Wird nun der Kanalschieber in zwei übereinander liegende Schieber zerlegt, wovon jeder für sich beweglich ist, so gewinnt man die Möglichkeit, die Ausströmung von der Einströmung bis zu einem gewissen Grade unabhängig zu machen und damit auch für die Ausströmung günstigere Verhältnisse (kleinere Kompression durch längere Auströmung bei kleinen Füllungsgraden also hoher Expansion) zu gewinnen. Aus diesen Erwägungen ist der in Fig. 457 dargestellte, zu der Gattung der Schleppschieber gehörende Schieber (Ehrhardt-Sehmer) hervorgegangen, der sich von den gewöhnlichen Schleppschiebern auch noch dadurch unterscheidet, dass nicht der äussere, sondern der innere Schieber mit geschleppt wird. Der äussere Schieber überdeckt den inneren ringsum und erhält seine Bewegung von einem Exzenter für konstante Expansion oder von einer Kulisse für veränderliche Expansion und dient zur Regelung der Einströmung in ähnlicher Weise wie der Kanalschieber. Der innere Auslassschieber liegt auf dem Schieberspiegel, erhält aber keine selbstständige Bewegung, sondern wird nur zeitweise dadurch verschoben, dass der äussere Schieber denselben durch Aneinanderstossen der Knaggen n, f mitnimmt. Die genannten Vorteile im Verein mit einer sehr einfachen äusseren Steuerung hat diesem Schleppschieber namentlich an Umkehrmaschinen mit Kulissensteuerung dauernde Verbreitung verschafft, zumal derselbe auch infolge der günstig verteilten Dampfdrücke durch bleibende Dichtigkeit bemerkenswert ist.

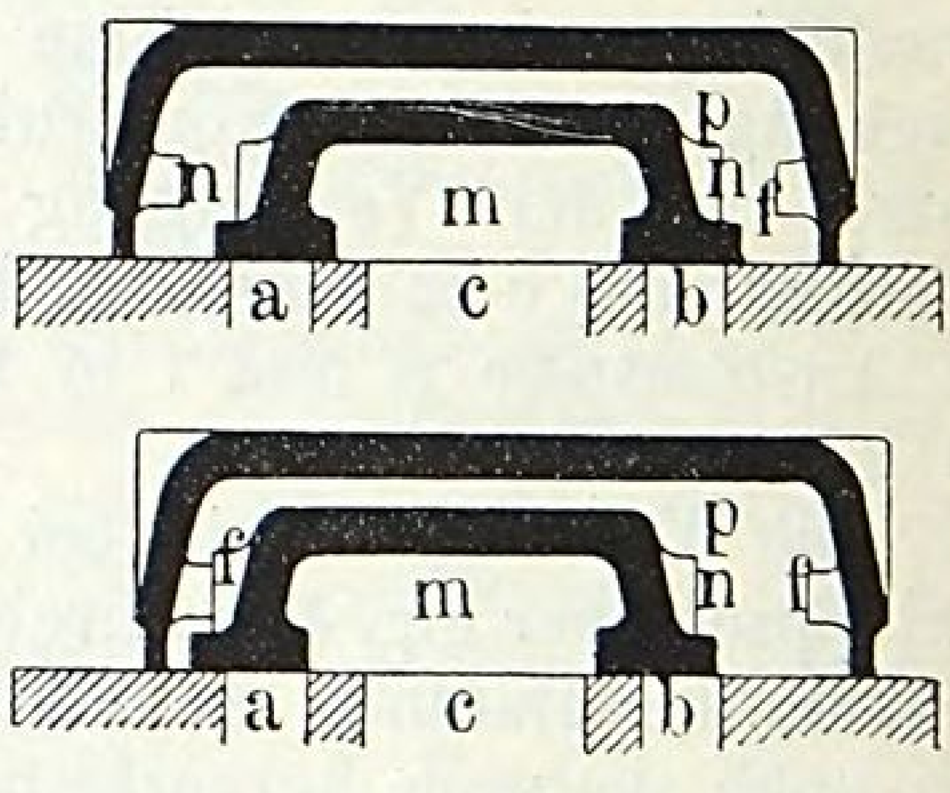


Fig. 457.

Diese Vorteile des genannten Schleppschiebers und die Eigenschaft des Kolbenschiebers (S. 521) sich vollständig entlasten zu lassen, hat zu einer Konstruktion (Ehrhardt) geführt, welche unter dem Namen Schleppkolbenschieber besonders an solchen grossen Dampfmaschinen (Walzenzugmaschinen) in Gebrauch steht, die bei häufigem Kraft- und Richtungswechsel und schnellem Gang von Hand mittels Kulissen (S. 517) umgesteuert werden müssen. Dieser Schieber (Fig. 458) besteht dem Wesen nach aus zwei festgeführten Kolben A und A und zwei Kolben B und B, welche von den ersten mitgeschleppt werden. Zu dem Zwecke sitzen A, A fest auf der mit dem Exzenter oder dem Kulissenstein verbundenen Schieberstange t t und erhalten somit dieselbe Bewegung wie der äussere Schieber Fig. 457. Die beiden Kolben B, B dahingegen bilden mit dem Rohrstück C ein ganzes, das auf der Stange t t zwischen den festen Kolben A, A frei verschiebbar

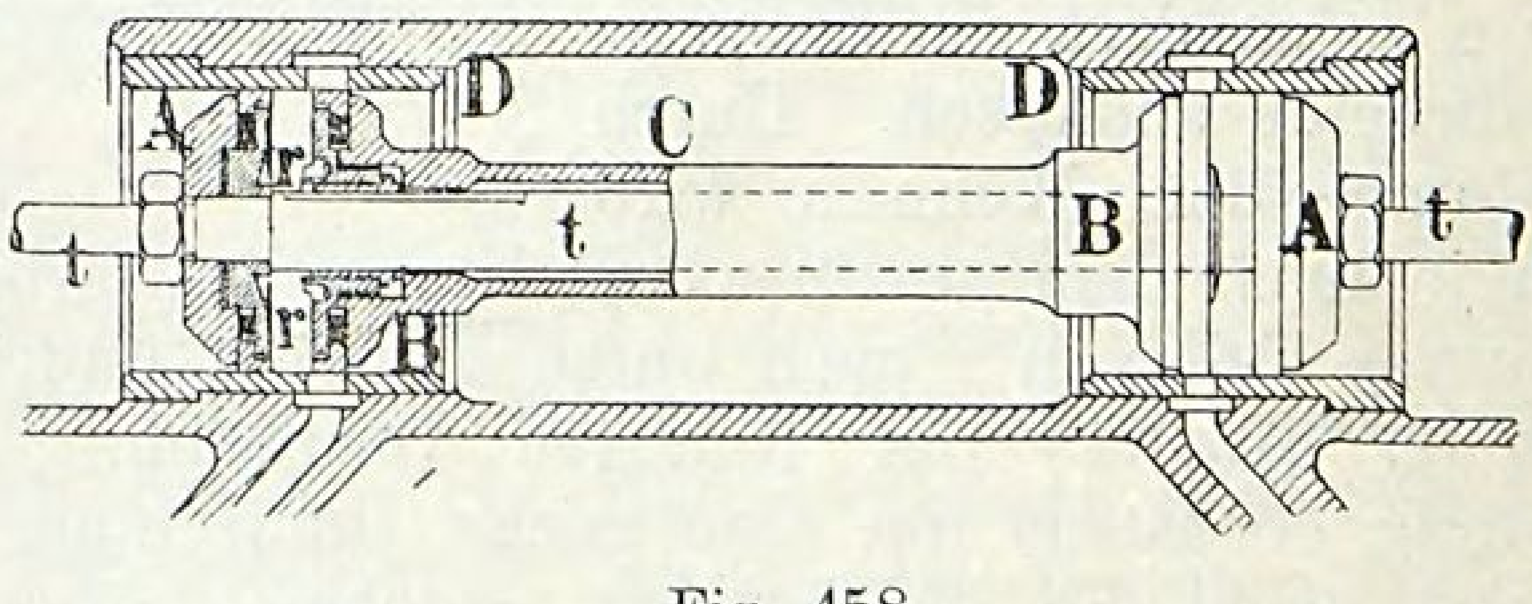


Fig. 458.

ist und Bewegung erhält durch Anstossen an diese Kolben vermittelst eines in der Mitte angebrachten vorstehenden Ringes r r, der zur Vermeidung eines harten Anschlags auf bufferartig wirkende Federn stösst, welche sich auf den inneren Kolbenflächen befinden. Um die genügende Dichtung auch bei starker Abnutzung zu sichern, sind sämtliche Kolben mit federnden Dichtungsringen versehen, die in besonders eingesetzten Bronzebüchsen D D schleifen.

D. Drehschiebersteuerung, Hahnsteuerung.

Den Schiebern mit geradliniger Hin- und Herbewegung stehen diejenigen gegenüber, welche die Dampfverteilung dadurch bewerkstelligen, dass sie um eine Achse in Drehbewegung gesetzt werden und zwar in eine absetzende oder in eine ununterbrochene nach einer Richtung, oder in eine unterbrochene mit abwechselnder Richtung (schwingend). Ist das Verteilungsorgan hierbei von solcher Form, dass es nach Art des in Fig. 165 S. 114 dargestellten Drehschiebers mit einer ebenen Fläche auf der ebenfalls ebenen Fläche über den Kanälen um eine zu dieser Fläche senkrechte Achse dreht, so wird es gewöhnlich kurz Drehschieber (Drehflachschieber) genannt. Erhält dasselbe jedoch die Form eines Cylinders oder eines Kegels und bewegt es sich in einem Cylinder- oder Kegelgehäuse, so führt es gewöhnlich den Namen Hahn (Hahnsteuerung) mitunter aber auch den Namen Drehschieber. — Besteht das Verschlussorgan jedoch nur aus einem Cylinderabschnitt der über die in einer konkaven Cylinderfläche liegenden Kanäle ganz nach Art des gewöhnlichen Schiebers hin- und herschwingt, so bezeichnet man dasselbe als Rundschieber.

Bei dem Drehflachschieber ist naturgemäss die Abnutzung der Schieberfläche um so grösser, je weiter die Reibfläche von der Achse entfernt ist, weil mit dieser Entfernung der Reibungsweg zunimmt. Aus diesem Grunde kann man nicht auf lange Dauer der Dichtigkeit rechnen und von diesen Schiebern nur Gebrauch machen, wenn sie unter geringem Drucke sich langsam zu bewegen haben.

Der Dampfverteilungshahn kann angesehen werden als ein Schieber, dessen Deckflächen in eine Cylinder- oder Kegelfläche gelegt sind und dessen Spiegelflächen diese umhüllen, so dass die Dampfverteilung durch Schwingung um die gemeinschaftliche geometrische Achse erreicht wird. Die Grundkonstruktion eines Steuerhahnes geht aus Fig. 459 hervor. Man erkennt die Dampfkanäle in a, b, c, die Schieberdeckflächen in e, e und die Schiebermulde in m. Der frische Dampf tritt am Hahnende in den inneren Raum und also je nach der Stellung des Schiebers in a oder b. Dieser Raum steht mit der Dampfkammer in Verbindung und ist genau so abgeschlossen wie bei e e, so dass der Hahn vollständig entlastet ist. Zur Schwingung desselben dient ein auf die Achse t gesteckter Hebel h. — Eine andere Anordnung, die für eine ununterbrochene Drehung bestimmt ist, stellt Fig. 460 dar.

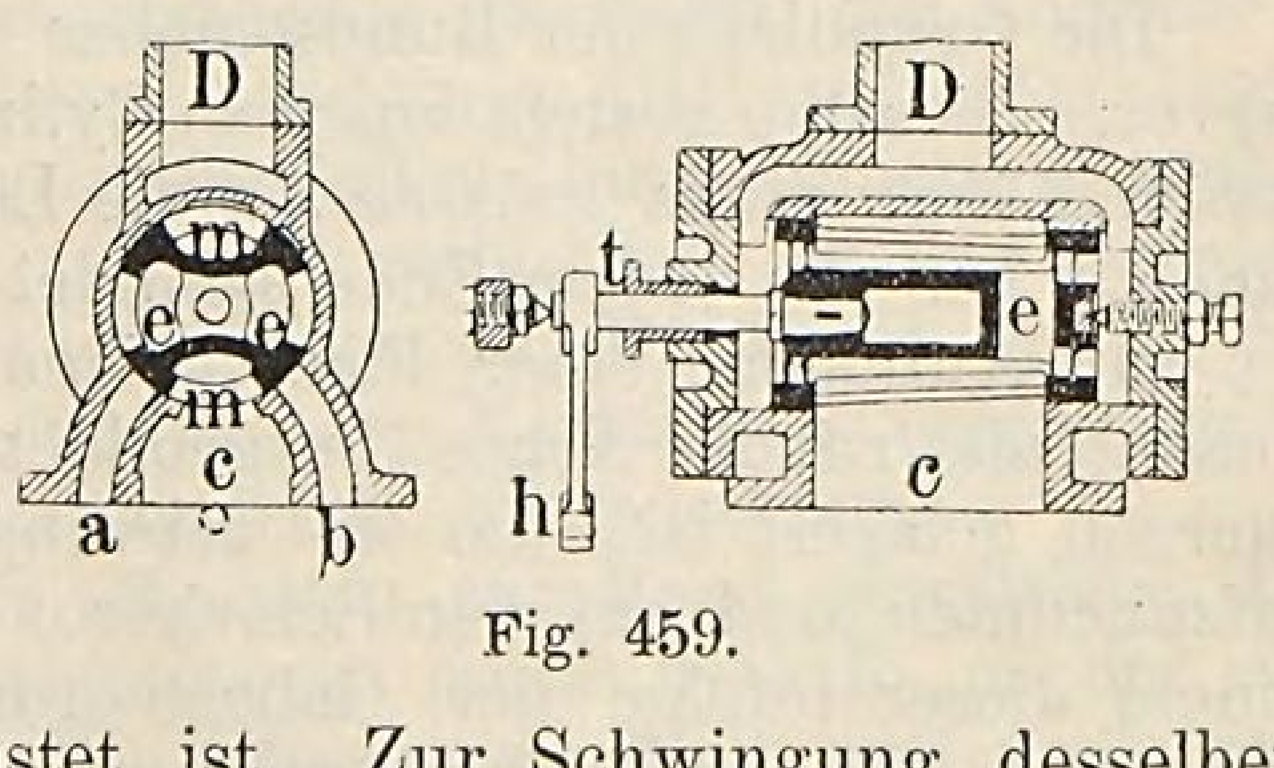


Fig. 459.

Der Dampf tritt an einem Ende in den inneren Raum d d des Hahnes und aus diesem in die Kanäle a und b. Die Mulden m m dahingegen treten mit einem an das andere Hahnende anstossenden Ausweg für den Abdampf in Verbindung. Auch hier ist in radialer Richtung eine vollständige Dampfdruckentlastung vorhanden, während der Druck des Dampfes in der Achsenrichtung durch einen Stützzapfen aufgehoben wird.

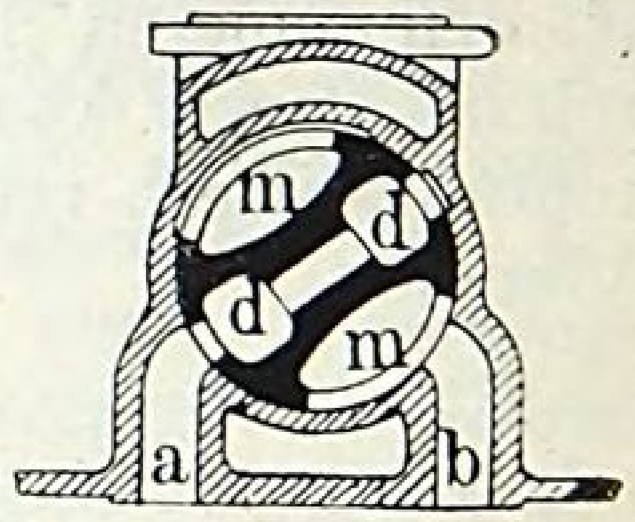


Fig. 460.

Eine eigentümliche Ausbildung haben (Fig. 461) diese Steuerhähne für die Dampfverteilung an Woolfschen Maschinen erfahren (Ehrhardt). Der Hochdruckcylinder ist mit H, der Expansionscylinder mit E bezeichnet. An jedem Ende derselben befindet sich ein gemeinschaftliches Hahngehäuse G mit einem kegelförmigen Steuerhahn, der mittels der Achse t in Drehung versetzt wird und dabei abwechselnd H mit frischem Dampf versieht, den Dampf aus H nach E hinüberleitet und den Abdampf aus E in die Leitung L führt. In der Figur bezeichnet I die Stellung an einem und II die gleichzeitige Stellung am anderen Ende. Der frische Dampf durchströmt den Dampfmantel m des Hochdruckcylinders H und tritt bei i durch den Kanal a in H ein, während zugleich der Dampf aus E durch den Kanal e in die Leitung L übertritt. Am anderen Ende II dahingegen steht H durch den Kanal e mit E in Verbindung. Das Spiel wiederholt sich bei jeder halben Drehung des Hahnes, weshalb auch an jedem Hahn je zwei Kanäle sich symmetrisch gegenüber liegen und die jedesmalige Kolbenrichtungsänderung eine Drehung um 90° voraussetzt. Um auch in dem kleinen Cylinder eine gewisse Expansion zu gewinnen, ist auf das verjüngte Ende des Hahnes bei i eine Hülse geschoben, die durch die Stange s vom Regulator gedreht einen mehr oder weniger frühen Abschluss des Dampfkanals a hervorbringt.

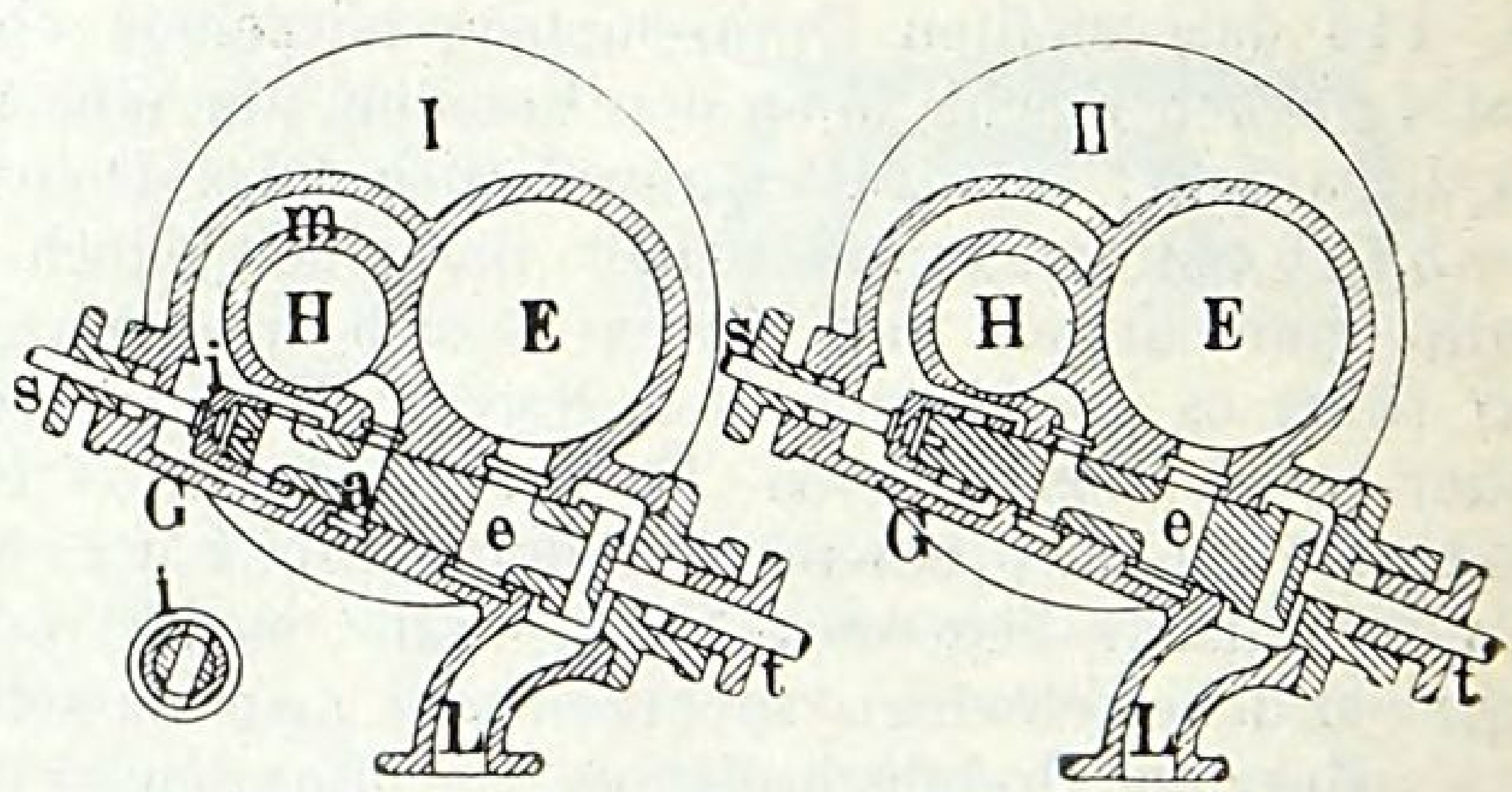


Fig. 461.

Die Grundlage der Rundschieber (Corlisschieber) geht aus Fig. 462 hervor. Dieselbe besteht aus dem Cylinderabschnitt c c, dessen Länge etwas grösser als die Länge des Dampfkanals b ist. An jedem Ende befindet sich eine Gabel s s zur Aufnahme einer Flachschiene t, welche nach aussen als runde Achse ausgebildet und in Stopfbüchsen gelagert ist, um die schwingende Bewegung aufzunehmen und auf den Schieber c c zu übertragen. Indem dieser infolge der Gabelanordnung längs der Stange t radial verschiebbar und mit der oberen Fläche der Dampfkammer K zugewendet bleibt, wird er stets durch den Dampfdruck auf den Sitz gepresst und zum dichten Abschluss

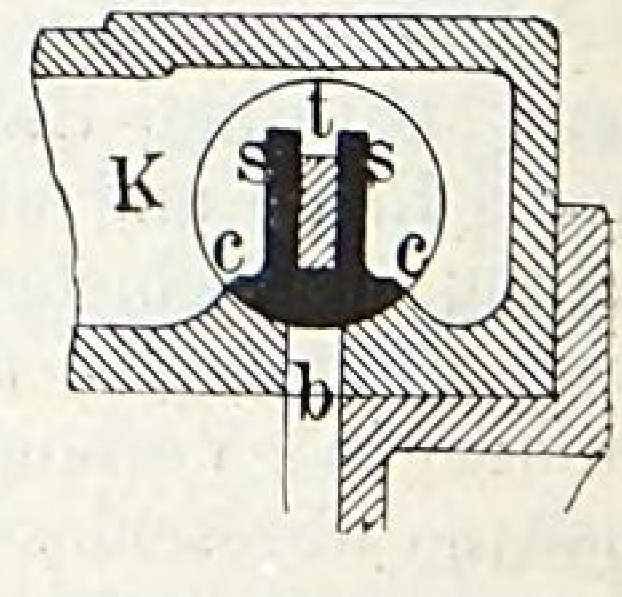


Fig. 462.

gebracht. Dient der Rundschieber als Auslassorgan, so erhält derselbe seitwärts noch einen Cylinderabschnitt, der sich wie bei dem Hahn Fig. 460 an eine konkave Gehäusewand legt, damit der im Cylinder vorhandene Überdruck die Schieberfläche nicht von der Spiegelfläche abdrückt.

E. Ventilsteuerung.

Die Ventilsteuerung unterscheidet sich von der Schiebersteuerung dadurch, dass die Dampfzu- und Abströmung mittels Hubventile (S. 101 u. f.) geregelt wird und zwar genau nach den bei der Schiebersteuerung zur Anwendung kommenden Gesetzen.

Weil es nicht angeht mit einem Ventil die Dampfkanäle abwechselnd mit der Zu- und Ableitung in Verbindung zu bringen, so sind zur Durchführung der gesetzmässigen Dampfverteilung in einer doppelt wirkenden Dampfmaschine an jedem Cylinderende zwei, im ganzen also vier Steuerventile notwendig. — Die allgemeine Grundanlage der Ventilsteuerung wird durch Fig. 463 erläutert. An dem Cylinder sitzt das Ventilgehäuse G G mit zwei Kammern A und E und den zwei zugehörenden Ventilen a und e. Der Dampfcylinder steht durch den Kanal c mit der Kammer E in Verbindung, so dass nach Öffnung des Ventils e der Abdampf durch den Stutzen F entweicht. Der frische Dampf tritt durch das Dampfrohr D zunächst in die Ventilkammer A und sodann nach Hebung des Ventils a in die Kammer E und aus dieser durch c in den Cylinder. Das Verteilungsspiel vollzieht sich also in der Weise, dass die Ventile abwechselnd gehoben und gesenkt werden. Zu dem Zwecke sind sie mit ihren Stangen s, s derart an einem schwingenden Hebel k i k angebracht, dass die Hebelarme k i und h i abwechselnd die Ventile heben, während ihr Schluss durch entsprechende Gewichte Q und Q erfolgt. Die Hebelköpfe k und h erhalten in Schlitzen der Ventilstangen einen Spielraum, wodurch veranlasst wird, dass beide Ventile nicht gleichzeitig offen stehen.

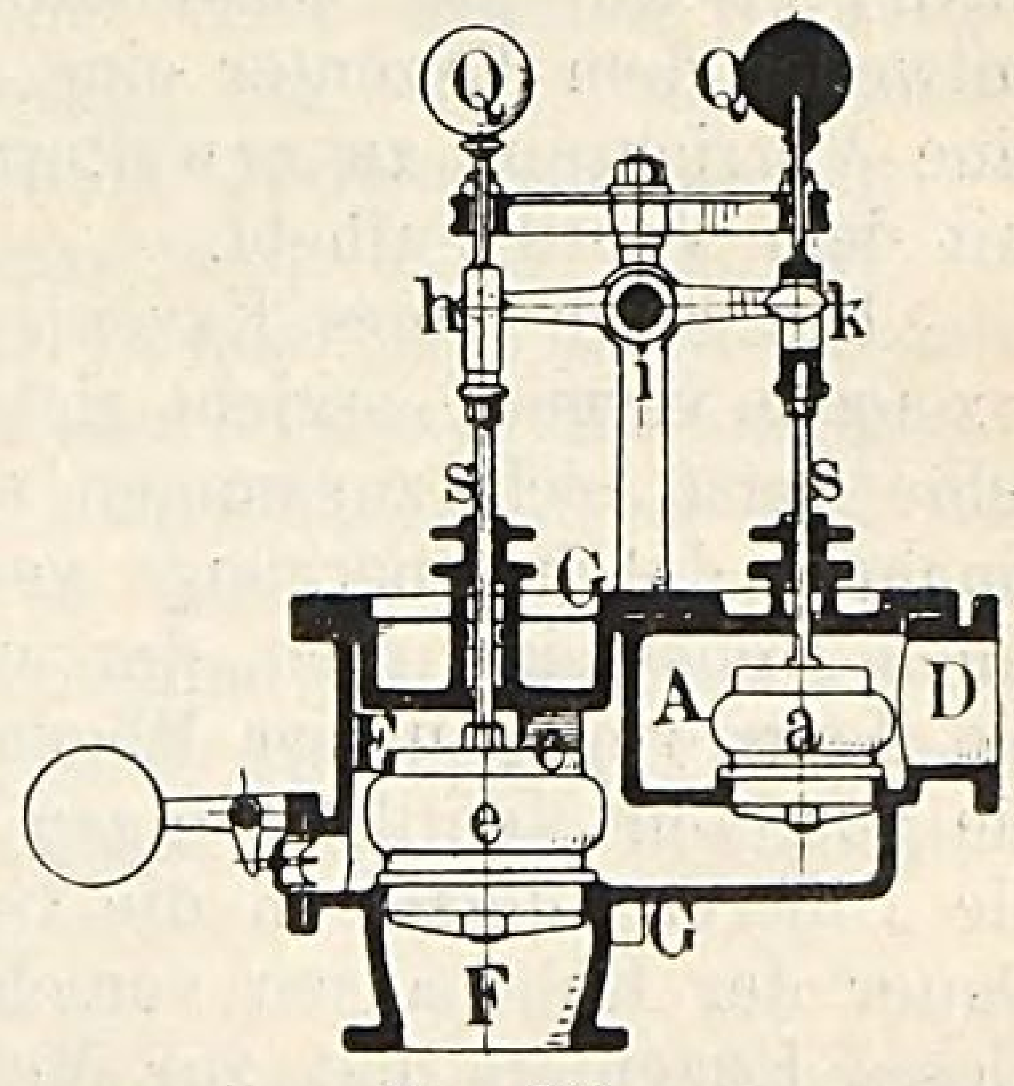


Fig. 463.

Bei dieser Grundanlage der Ventilsteuerung vermehrt die Kammer E nicht nur erheblich den schädlichen Raum, sondern es tritt auch in erhöhtem Grade der Nachteil ein, der mit dem abwechselnden Durchströmen desselben Raums mit Abdampf und frischem Dampf verbunden ist. Ausserdem liegt in der Abhängigkeit der Ventilbewegungen ein Hindernis für die Erzielung grösserer Expansionswirkungen, da der Verteilungsvorgang selbst mit demjenigen der einfachen Schiebersteuerung übereinstimmt.

Eine sehr vorteilhafte und daher allgemein zur Regel gewordene Abweichung von der beschriebenen Anordnung muss deshalb in der Anbringung von getrennten Ein- und Ausströmungskanälen und von unabhängig von einander sich bewegenden Ventilen anerkannt werden. Da ferner die Doppelsitzventile schon bei geringem Hube grosse Durch-

strömungsöffnungen geben und vollständig entlastet werden können, also wenig Bewegungsarbeit beanspruchen, so ist es erklärlich, dass die Ventilsteuerungen, trotzdem dieselben statt eines Dampfverteilungsorgans wie bei der Schiebersteuerung, vier Organe notwendig machen, namentlich bei grösseren Dampfmaschinen sehr schnell und ausgedehnt in Aufnahme gekommen sind und zwar unter fast ausschliesslicher Benutzung der Glocken- und Röhrenventile S. 104.

Wird jedes Ventil unabhängig von den anderen gesteuert, so lassen sich Einrichtungen treffen, welche den Schluss der Einströmungsventile bei jedem beliebigen Kolbenstande also jeden beliebigen Füllungsgrad gestatten und dabei das Offenhalten der Ausströmungsventile bis zur Todpunktlage ermöglichen also, wenn es sonst vorteilhaft erscheint, auch jede Kompression ausschliessen. Die Bewegung der Ventile selbst unterscheidet sich von der Schieberbewegung sehr wesentlich darin, dass letztere in einem ununterbrochenen Hin- und Hergang besteht, während bei ersterer auf jeden Hub ein Stillstand folgt, welcher so lange dauert, als der betreffende Kanal geschlossen bleiben muss. Aus dem Grunde ist ein gewöhnliches Kreisexzenter, wegen der ununterbrochenen Bewegung der Exzenterstange, nicht unmittelbar zur Bewegung der Steuerventile anwendbar. Es ist vielmehr, wenn die Anwendung des Exzenters beibehalten werden soll, entweder dem Exzenter eine andere Form zu geben oder dasselbe durch eine Vorrichtung zu erweitern, welche zeitweilig die Verbindung desselben mit dem Ventil aufhebt.

Die Form eines Exzenters, welches die genannten Bewegungen zu erzeugen vermag, ergiebt sich leicht mit Hilfe der Fig. 157 S. 110. Dieselbe setzt sich zusammen aus zwei konzentrischen Kreisbögen, die mit einander durch Übergänge verbunden sind und die der Reihe nach auf einen Hebel einwirken, der an der Ventilstange angreift. Die Radien und die Zentriwinkel dieser Bögen sind so bemessen, dass durch die ersteren die äusseren Ventilstellungen (Schluss beziehungsweise Offenhalten), durch die Differenz derselben die Grösse des Hubes und durch die Winkel die Dauer der Ruhepausen vorschriftmässig erreicht werden. Die Anwendung dieses Exzenters hat zur Voraussetzung, dass der an dasselbe sich anlehnende Hebel mit der Oberfläche in stetiger Berührung bleibt, und dass die Schlussbewegung des Ventils sich nicht im geringsten ändert. Das letztere trifft aber nicht zu, da eine noch so kleine Abnutzung der Exzenteroberflächen oder der Ventilsitzflächen den Hub verändern und demnach einen früheren oder einen ungenügenden und damit undichten Ventilabschluss zur Folge haben, was selbstverständlich durchaus zu verhindern ist. Aus diesem Grunde ist man allgemein zu einer Anordnung geschritten, bei welcher die Öffnung der Ventile durch ein Exzenter, der Schluss aber durch besondere Kraftmittel stattfindet. Als solche dienen Gewichte, gespannte Luft oder Federn, welche durch das Exzenter gehoben oder gespannt werden und entweder als Nachhilfe dienen, insofern als sie die Folgen der entstandenen Abnutzungen aufheben, oder selbstständig in Wirkung treten nachdem die kinematische Verbindung der Ventile mit den Exzentern gelöst ist. Um zugleich bei Anwendung dieser Kraftmittel Massen zu vermeiden bevorzugt man die Federn und die gespannte Luft (Luftpuffer).

Die schematische Zeichnung Fig. 464 lässt eine Durchführung erkennen,

bei welcher von einem Exzenter E zwei Ventile v, v mit Unterstützung von Federkraft bewegt werden. Das Exzenter erhält einen Öffnungs- und einen Schliessbogen und zwar einander gegenüber liegend. An das Exzenter lehnen sich zwei Winkelhebel f i h und l i k an, deren Köpfe k und h an den Ventilstangen s und s angreifen, die mit ihren oberen Enden gegen die Blattfeder F F treten. Man sieht also, dass die Ventile durch Drehung des Exzenters abwechselnd gehoben und mittels der Feder F auf die Sitze gedrückt werden und zwar ohne eine kinematische Ausschaltung, da überall Kraftschluss vorhanden ist. Man erkennt ferner, dass der Beginn und die Dauer des Ventilschlusses von dem Bogen a f b also von dem Zentriwinkel a c b abhängt und dass sich demgemäss je nach Wahl dieses Winkels ein beliebiger allerdings unveränderlicher Füllungsgrad leicht erreichen lässt.

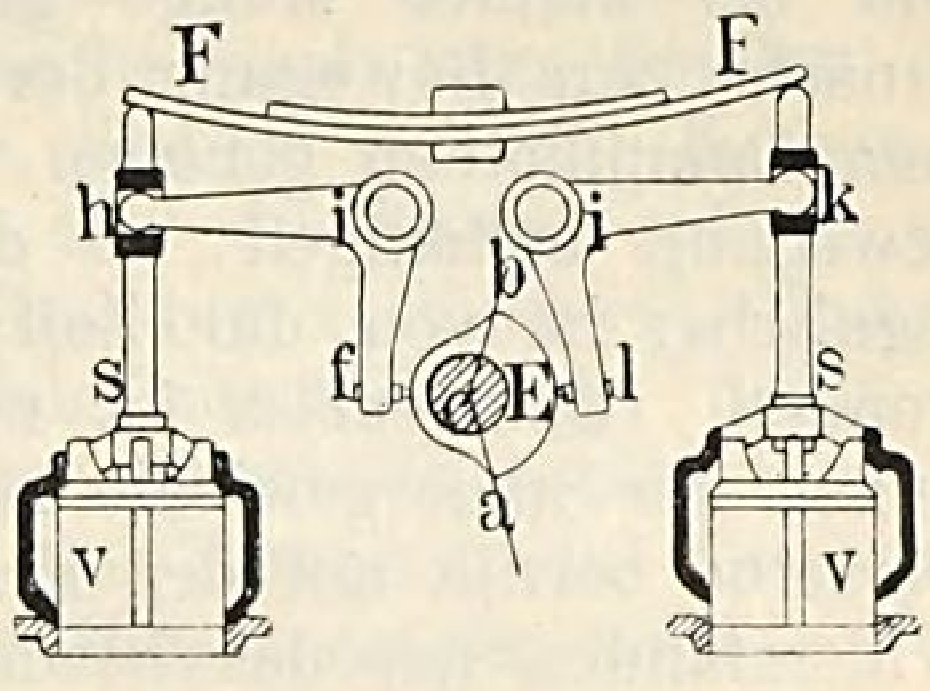


Fig. 464.

Aus bereits S. 508 erörterten Gründen ist es wünschenswert zur Vermeidung der Drosselung, das Öffnen und Schliessen der Dampfwege möglichst schnell herbeizuführen. Da nun nach der eben erklärten Wirkungsweise des Exzenters zur Hebung oder Schliessung der Ventile abwechselnd Bogen mit grösserem (äusseren) und kleinerem Halbmesser dienen, so hängt die Geschwindigkeit dieser Ventilbewegungen in erster Linie ab von dem Übergang des Vermittlungsorgans aus der einen Lage in die andere, also von dem Übergang des inneren Bogens in den äusseren und umgekehrt. Steigt z. B. der innere Bogen zum äusseren möglichst steil an und fällt der äussere zum inneren z. B. radial ab, so tritt der Vorgang in erwünschter Schnelligkeit ein, und das Exzenter nimmt die Form eines Hebedaumens an, der nur zum Heben des Ventils und zum Spannen der Feder dient, während die letztere mit grosser Beschleunigung den Ventilschluss bewirkt.

Bei den oberirdischen Wasserhaltungsmaschinen mit Dampfbetrieb wird in der Regel die Anordnung getroffen, dass das abwärts hängende Pumpengestänge beim Aufgang das Wasser ansaugt und beim Niedergang dasselbe durch das Gewicht aufwärts drückt. Infolgedessen dient in diesen Betriebsdampfmaschinen der gespannte Dampf in der Regel nur zum Heben des Gestänges, so dass sie zu den einfach wirkenden gehören. Zur Steuerung des Dampfes stehen fast ausschliesslich Ventile in Gebrauch und zwar nur zwei, nämlich eins zur eigentlichen Dampfsteuerung d. h. zur Dampfeinströmung und eins, welches dazu dient, den auf der einen Kolbenseite gebrauchten Dampf auf die andere Seite zu leiten um dadurch eine Ausgleichung der Pressung herzustellen, welches zur Abwärtsbewegung des Gestänges erforderlich ist. Das erste Ventil mag kurzweg als Einlassventil, das zweite als Gleichgewichtsventil bezeichnet werden. Der allgemeinen Steuerungsregel gemäss wird das Einlassventil vor Beendigung des Hubes geschlossen, um den Dampf zum Teil durch Expansion wirken zu lassen und das Gleichgewichtsventil ebenfalls vor beendetem Niedergang des Gestänges geschlossen, um von dem im Cylinder zurückbleibenden Dampfe den Stoss der abwärts gehenden Masse aufnehmen zu lassen.

Um ferner diese Wasserhaltungsmaschinen der Menge des zu fördernden Wassers leicht anpassen zu können, ist bei ihnen eine Einrichtung getroffen, welche zwischen den einzelnen Hüben Stillstandspausen hervorbringt, deren Dauer sich nach der Fördermenge richtet, also bei grosser Menge klein und bei kleiner Menge gross gemacht wird. Zu dem Zwecke kommen zunächst zur Bewegung der Ventile Gewichte in Anwendung, welche von dem Dampfkolben gehoben werden und durch ihr Niederfallen die Ventilbewegung bethätigen, so dass die Dauer der Förderpausen abhängig und regulirbar ist von der Zeit, welche die Gewichte zum Niedersinken verwenden. Demgemäss ist nur für ein rascheres oder langsameres Niedersinken der Steuergewichte zu sorgen, und hierzu dient der sog. Katarakt. Derselbe beruht auf der Erzeugung eines leicht zu regelnden künstlichen Widerstandes, der das Niedersinken der Steuergewichte mehr oder weniger hemmt, in Verbindung mit einem Steuerungsmechanismus, der Kataraktsteuerung genannt wird.

Den künstlichen Widerstand ruft man in einem Katarakte dadurch hervor, dass man eine passende Flüssigkeit durch eine Öffnung hindurchpresst, deren Weite die Zeitdauer bestimmt, welche zum Durchpressen einer gewissen Flüssigkeitsmenge unter bestimmtem Drucke notwendig wird. Als Flüssigkeit benutzt man nach Umständen Wasser, Öl oder Glyzerin, als Pressmittel einen Kolben, der wie bei einer Pumpe während seiner Aufwärtsbewegung die Flüssigkeit durch ein Ventil ansaugt, während seiner Abwärtsbewegung durch die erwähnte Öffnung durchpresst und mit den Ventilen der Dampfmaschinen derart in Verbindung steht, dass das Öffnen und Schliessen derselben von diesem Kolben ausgeht.

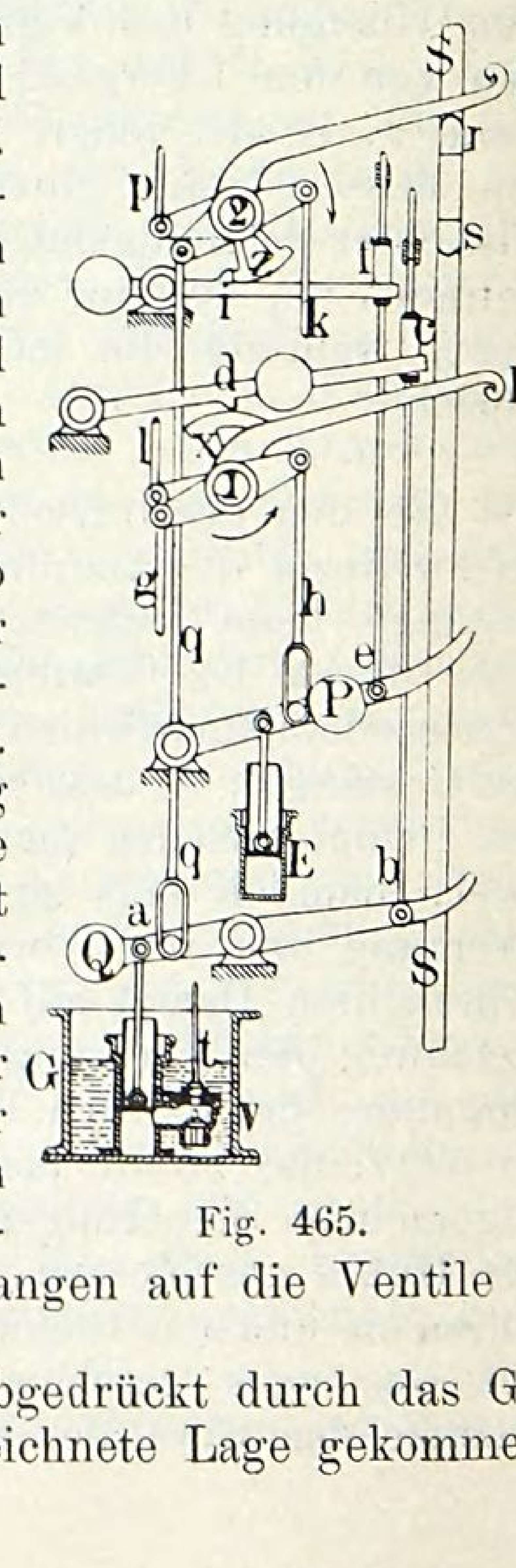


Fig. 465.

In Fig. 465 ist bei G die gewöhnliche Einrichtung eines Kataraktes zu erkennen. In dem mit Wasser gefüllten Gefässe G befindet sich ein Pumpenstiefel mit Plungerkolben, Saugventil und Druckventil v. Beim Aufgang saugt der Kolben Wasser durch das selbstthätige Ventil an, beim Niedergange presst derselbe das angesaugte Wasser durch das Druckventil aus und zwar um so schneller, je weiter sich dieses öffnet, weshalb zur Abmessung dieser Zeit nur mittels der Ventilstange t das Ventil eingestellt zu werden braucht.

Die ganze Fig. 465 führt die Kataraktsteuerung an einer einfach wirkenden Wasserhaltungsmaschine vor Augen. Für das Einlassventil ist der Katarakt E, für das Gleichgewichtsventil der Katarakt G angebracht. Die zur Abwärtsbewegung dienenden Gewichte sind P für das Einlassventil und Q für das Gleichgewichtsventil. Die zum Öffnen der Ventile bestimmten Gewichte hängen an den Stangen p für das Einlassventil und g für das Gleichgewichtsventil und wirken mittels Hebel und Zugstangen auf die Ventile in folgender Weise ein.

Im Katarakte G steht der Kolben unten, herabgedrückt durch das Gewicht Q. Dadurch ist der Hebel a b in die gezeichnete Lage gekommen,

die Stange b c hat durch den Anstoss c den Sperrhaken d ausgelöst, die Steuerwelle 1 frei gemacht, das Gewicht an g zur Wirkung gebracht und durch die Stange l an einem Hebel dieser Welle das Gleichgewichtsventil geöffnet. Bei dieser Bewegung der Welle 1 ist zugleich mit Hilfe der Stange h das Gewicht P des Kataraktes E gehoben. Bei Schluss dieses Ventils ist demnach der Katarakt E frei gemacht und zum Spielen vorbereitet. Tritt daher nunmehr dies Spiel ein, indem sich der Kolben im Katarakte E durch das Gewicht P senkt, so löst die Stange e f das Gesperre i, welches die Steuerwelle 2 an der Drehung verhindert. Dadurch kommt das an der Stange k hängende Gewicht zur Wirkung, dreht die Steuerwelle 2 in der Richtung des Pfeiles und öffnet mittels der Stange p das Einlassventil, während zugleich mit Hilfe der Stange q das Gewicht Q und damit der Kolben im Katarakte G in die Höhe gezogen wird.

Der Wechsel dieses erklärten Spieles erfolgt durch die langen Hebel H und L, welche an den Steuerwellen 1 und 2 befestigt sind und auf die das Gestänge S S einwirkt, welches sich mit dem Dampfmaschinenkolben auf- und abbewegt. Dieses Gestänge besitzt zwei Stossknaggen s und r. Bewegt sich der gezeichneten Lage entsprechend das Gestänge in der Pfeilrichtung abwärts, so stösst der Knaggen s gegen den Hebel H und nimmt diesen soweit mit, bis das Segment x sich soweit gedreht hat, dass der Zahn d von diesem Segment abfallen und dasselbe sperren kann, was durch das Gewicht bei d bewerkstelligt wird, da gleichzeitig das Gewicht P mit der Stange e f zum Sinken gebracht ist, was ausserdem den Niedergang des Kolbens im Katarakte E und Hebung der Stange g zur Folge hat. Im Verlaufe dieser Bewegung, deren Dauer der gewünschten Pause entspricht und von dem Katarakte K bestimmt wird, senkt sich die Stange e f immer mehr, um zuletzt den Haken i aus dem Segment z zu lösen und das Gewicht an E in Thätigkeit zu setzen, beziehungsweise durch p das Eintrittsventil zu öffnen, womit sich zugleich der Hebel L senkt.

Mit dem erneuerten Dampfeintritt beginnt zugleich das Gestänge S S die Aufwärtsbewegung, bis der Stossknaggen r von unten gegen den Hebel L stösst und diesen in die gezeichnete Lage bringt, so dass nunmehr der Gleichgewichtskatarakt G in der oben beschriebenen Weise das Gleichgewichtsventil öffnet, nachdem das Einlassventil geschlossen wurde.

F. Präzisionssteuerungen.

Es ist bereits mehrfach auf die Vorteile hingewiesen, welche eine rasche Eröffnung und Abschliessung der Dampfkanäle zur Folge hat. Aus dieser Erkenntniss sind zahlreiche Steuerungseinrichtungen hervorgegangen, welche zu einer besonderen Gruppe zusammengefasst und mit dem Namen Präzisionssteuerungen gekennzeichnet zu werden pflegen, gegenüber den anderen Steuerungen, welche man als schleichende bezeichnet.

Wenn demgemäss das Wesen der Präzisionssteuerungen in der möglichst raschen Bewegung der Steuerorgane beim Öffnen und Schliessen der Dampfwege liegt, so sind doch andererseits an denselben fast stets noch Erweiterungen angeschlossen, welche darauf hinzielen, mit den genannten Vorteilen auch noch diejenigen zu verbinden, welche mit der Verkleinerung der schädlichen Räume, mit der Trennung der Zu- und Abströmungswege,

der Unabhängigkeit der Steuerorgane und mit einer veränderlichen Expansion zusammenhängen. In der Regel finden sich daher an den Präzisionsdampfmaschinen ausser der genannten Steuerung weiter vor: getrennte Dampfwege an den äusseren Cylinderenden und Einrichtungen, welche eine ununterbrochene Einwirkung des Regulators auf die Steuerung, also eine direkte Änderung des Expansionsverhältnisses von dem Gang der Maschine sichern.

Je nach den Steuerorganen können die Präzisionssteuerungen weiter eingeteilt werden in solche mit

1. Flachschiebern;
2. Kolbenschiebern;
3. Drehschiebern und
4. Ventilen.

Um die allgemein wegen ihrer sonstigen Vorzüge eingeführte Übertragung der Kurbelwellendrehung auf die Steuerorgane mittels einfacher Kreisexzenter beibehalten zu können, ist es erforderlich zur Herbeiführung einer möglichst raschen Bewegung dieser Organe, entweder die kinematische Verbindung zwischen Exzenter und Steuerorgan vorübergehend zu lösen und die Bewegung des letzteren mittels eines besonderen Kraftmittels hervorzubringen, oder die Verbindung derart zu treffen, dass die Einwirkung des Exzenters in dem Augenblicke erfolgt, wo die grösste Projektionsgeschwindigkeit auf die Steuerstange übergeht, weil hierbei die Bewegung in kürzester Zeit vor sich geht.

Die Einrichtung der Präzisionssteuerung zerfällt demnach in der Regel in zwei Teile, wovon der eine mit der Steuerwelle, der zweite mit den Dampfverteilungsorganen fest verbunden ist. Der erste Teil erhält die Bewegung direkt von der Steuerwelle und wird die aktive Steuerung genannt gegenüber dem zweiten Teile, der passiven Steuerung, welche von der aktiven in Thätigkeit gesetzt wird. Zur Übertragung dieser Bewegung erhält die aktive Steuerung ein Organ (Nase, Stossplatte, Druckhebel etc.), welches die passive Steuerung mitnimmt (aktiver Mitnehmer oder einfach Mitnehmer) und zwar, indem es auf ein ähnliches Organ (passiver Mitnehmer, Mitgeher) mehr oder weniger lange Zeit einwirkt. Hierbei kann nun entweder zwischen Mitnehmer und Mitgeher eine vorübergehende Trennung stattfinden (auslösende Steuerung) oder es kann der kinematische Zusammenhang erhalten bleiben (zwangläufige Steuerung).

Da bezüglich der Einwirkung des Regulators die Möglichkeit besteht, die Bewegung des letzteren

1. allein auf den aktiven Teil beziehungsweise den Mitnehmer,
2. allein auf den passiven Teil beziehungsweise den Mitgeher oder
3. auf beide Teile zugleich

zu übertragen, so hat man dieser Art der Regulatoreinwirkung gemäss, die obigen Gruppen noch in diese drei Klassen zerlegt.

1. Flachschieberpräzisionssteuerungen.

Eine bewährte Flachschieber-Präzisionssteuerung (Wannick-Köppner) ausgezeichnet durch ihre Einfachheit ist in Fig. 466 skizzirt. Die Dampfverteilung erfolgt nach Art der geteilten Schieber (S. 523) an beiden

Cylinderenden durch je einen Grundschieber s, welche durch eine gemeinsame Schieberstange t t verbunden sind und auf gewöhnliche Weise von einem Exzenter mit Voreilungswinkel von der Kurbelwelle angetrieben werden. Über den Grundschiebern liegen die Expansionsplatten e, e deren Stangen am äusseren Ende c c verdickt sind, so dass der Dampf sie stets nach aussen treibt, bis die Puffer in den Gehäusen g, g anstossen. In dieser rechts gezeichneten Stellung sperren die Platten e e den Dampf ab. Die Stange t trägt nun ein Führungsstück f, in welchem die viereckigen Köpfe i, i der Stangen c c sich frei bewegen können. Desgleichen sitzen

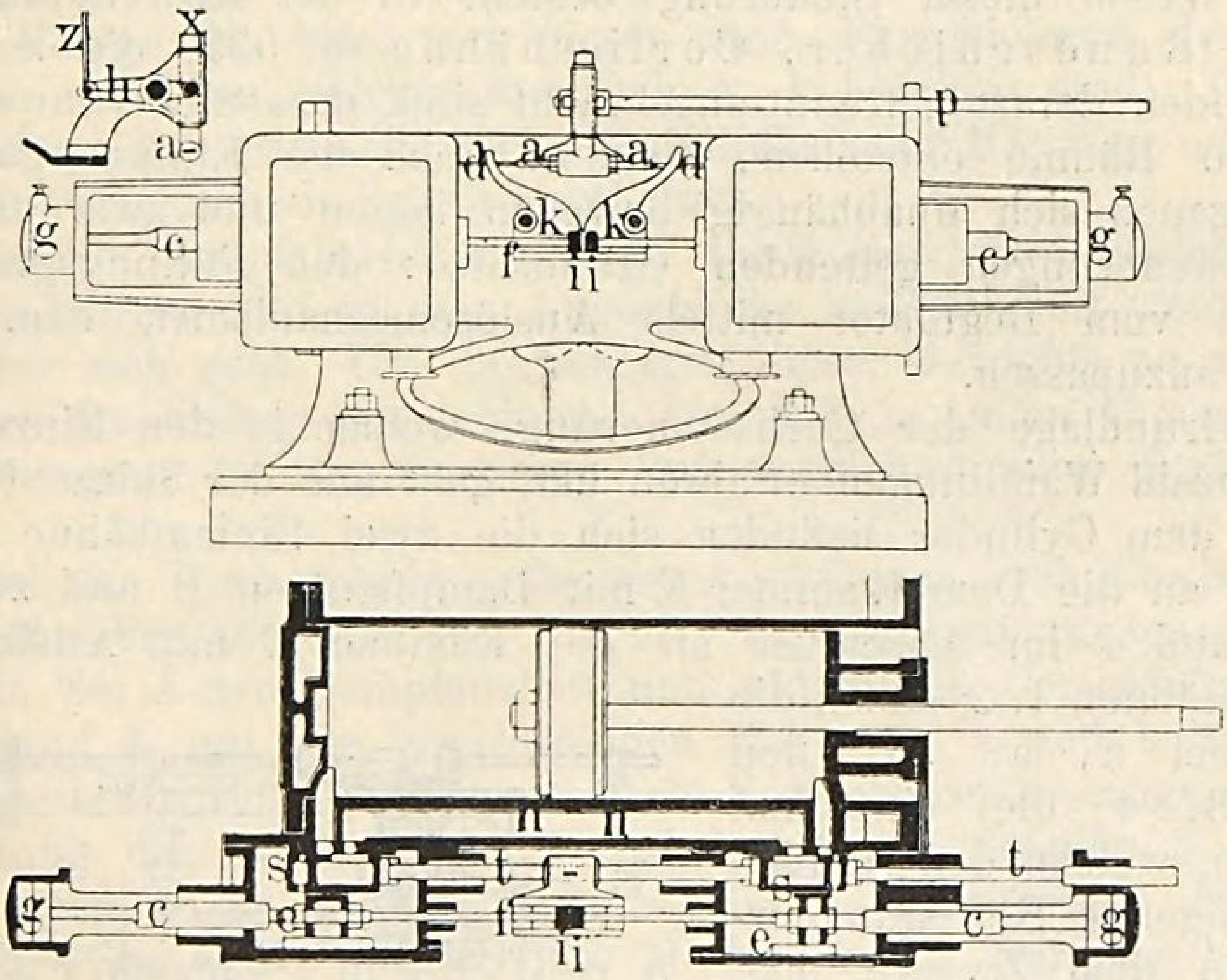


Fig. 466.

an diesem Führungsstück zwei Klauen k k, welche in den äusseren Stellungen der Grundschieber gegen die Köpfe i, i fallen, und nach oben hebelartige Verlängerungen d, d tragen, die gegen zwei Stifte a a stossen und dadurch die Klauen von den Köpfen i, i abheben. Sowie also infolge der Bewegung der Schieberstange t t die Hebel d, d an die Stifte a, a anstossen, erfolgt die Auslösung der Klauen und damit unter dem Drucke des Dampfes eine plötzliche Bewegung der Expansionsplatten e e in die Endlage, also ein Absperren des Dampfes und der Beginn der Expansion, wobei die Puffer die Stösse mildern. Das Führungsstück f geht unterdessen mit den beiden Grundschiebern weiter bis es in die zweite äussere Stellung gelangt, wo die betreffende Klaue wieder einfällt, die Expansionsplatte mitnimmt und den Dampfeintritt auf der zweiten Cylinderseite frei macht.

Je früher die Hebel d, d gegen die Stifte a, a stossen, desto kürzer ist die Admissionsperiode, also je kleiner der Füllungsgrad. Um diesen von dem Gang der Maschine abhängig zu machen und zu regeln ist nur erforderlich, bei der für diesen Zweck bestimmten Krümmung der Hebel d, d die Höhenlage der Stifte a, a mittels des Regulators zu verändern. Dazu dient der Hebel h, der mit einem Ende an einem vertikalen Schieber x mit den Stiften a, a verbunden ist und am anderen Ende eine Zugstange z aufnimmt, die vom Regulator aus bewegt wird. Je schneller die Maschine

läuft, je tiefer senken sich die Anschlagstifte a, a je früher beginnt die Absperrung des Dampfes.

2. *Rundschieberpräzisionssteuerungen.*

Unter den Präzisionssteuerungen mit Drehschiebern ist diejenige die verbreitetste, welche unter dem Namen Corlissteuerung, so genannt von deren Erfinder Corliss, nach und nach in sehr zahlreichen, verschiedenen Ausführungen bekannt geworden ist.

Das Wesen dieser Steuerung besteht in der Anwendung von Drehschiebern (Rundschieber, Corlisshähne) S. 532, die an den beiden Cylinderenden derart getrennt angebracht sind, dass nicht nur die kleinsten schädlichen Räume entstehen, sondern auch die Einlassorgane von den Auslassorganen sich unabhängig bewegen lassen und zwar nach dem für Präzisionssteuerungen geltenden Grundsatze: den Füllungsgrad oder die Expansion vom Regulator mittels Auslösemechanismen dem Gang der Maschine anzupassen.

Die Grundlage der Corlissteuerung, welche in den Einzelheiten eine grosse Anzahl Wandlungen erfahren hat, geht aus der Skizze Fig. 467 hervor. An dem Cylinder befinden sich die zwei Einlasshähne 1 und 2 im Anschluss an die Dampfkammer K mit Dampfstutzen D und zwei Auslasshähne 3 und 4 im Anschluss an die Kammer H mit Auslassstutzen A. Auf den Hähnen 1, 2 sitzen die Winkelhebel a, a, auf den Hähnen 3, 4 die einfachen Hebel b, b, welche den Hähnen die schwingende Bewegung erteilen. Zu dem Zwecke liegt seitwärts am Cylinder eine um die Mitte drehbare Steuerscheibe, an welcher die genannten Hebel mittels der Stangen m, m und n, n angreifen, und die von der Exzenterstange E in Schwingung versetzt wird. Da die Ausströmungsschieber 3, 4 stets dieselbe Schwingung auszuführen haben, so können die Stangen n, n ein für allemal unverändert mit der Scheibe verbunden bleiben.

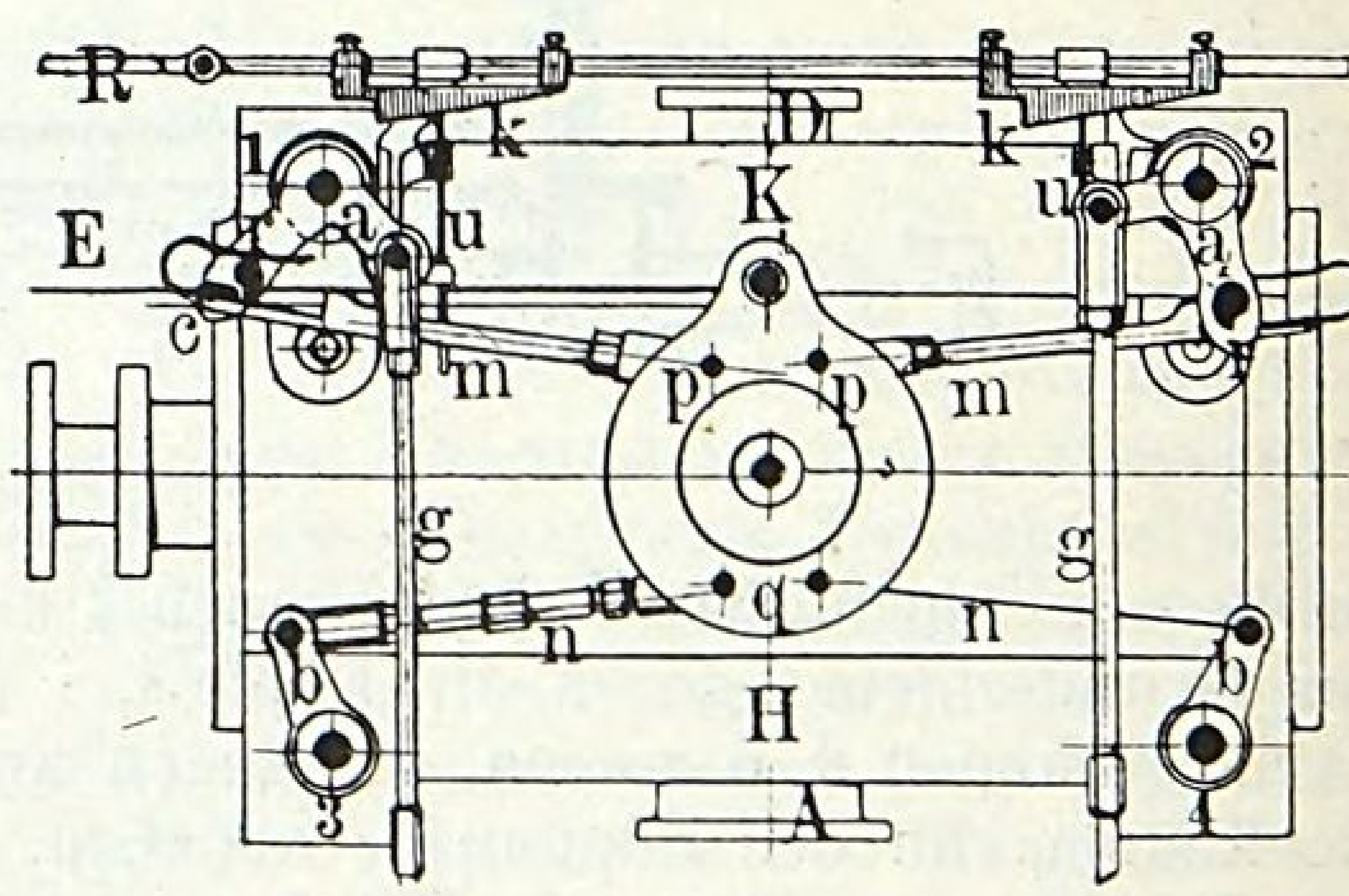


Fig. 467.

Die Einlassschieber 1 und 2 dagegen erhalten je nach dem Füllungsgrad sehr verschieden grosse Schwingungen und daher mit den Stangen m, m eine Verbindung, die sich bei bestimmten Stellungen der Schieber löst und diese zum plötzlichen Abschluss der Zuströmung in die Verschlusslage bringt und zwar dadurch, dass Gewichte zur Wirkung gelangen, welche an den Stangen g, g hängen, die an den Armen der Winkelhebel a, a angreifen. Zur Verbindung der Stangen m, m mit den Hebeln a, a dienen einerseits die Nasen r, r auf den Hebeln und andererseits Vorsprünge c, c auf den Stangen m, m die durch U-förmige Federn an r r angedrückt werden und die Hebel nach innen mitnehmen. Auf jeder Stange m steht ein Stab u, der in Führungen vertikal beweglich ist und in die Höhe gehoben wird, wenn bei der Schwingung der Scheibe der betreffende An-

griffspunkt nach oben geht. Ferner liegt über jedem dieser Stäbe ein Keil k. Stösst daher ein Stab gegen diesen Keil, so wird sein unteres Ende ein fester Stützpunkt für m; mithin muss sich, während der Angriffspunkt sich in der Kreisbahn weiter nach oben bewegt, der Vorsprung c mit Überwindung des Federdruckes senken und von der Nase r abschnappen, worauf sofort das Gewicht an der Stange die Schieberschwingung ausführt. Dieser Augenblick wird aber offenbar durch die Stellung der Keile k bestimmt, indem er um so früher eintritt, je weiter die Keile nach rechts vorrücken. Um ihn deshalb von dem Gang der Maschine abhängig zu machen, bedarf es nur einer solchen Verbindung mit dem Regulator mittels der Stange R, dass von dieser eine Verschiebung der Schiene vorgenommen wird, an welcher die Keile k, k befestigt sind. Diese Verschiebung erfolgt bei wachsender Geschwindigkeit der Maschine nach rechts, bei abnehmender Geschwindigkeit nach links.

Der schnelle Dampfabschluss erfolgt durch Gewichte, welche an den Stangen g, g hängen und in dem Augenblicke in Thätigkeit treten, wo die Auslösung vor sich geht. Um das Schlagen dieser Gewichte zu vermeiden, sind dieselben als Kolben ausgebildet, die sich in unten abgeschlossenen Cylindern bewegen, so dass in diesen Luft verdichtet wird (Luftpuffer).

Eine viel zur Verwendung gelangte Ausführung der Corlissteuerung (Spencer) führt Fig. 468 (f. S.) vor Augen. Man erkennt zunächst bei D den Dampfeintritt, bei A den Dampfaustritt und sodann die Corlisshähne wieder bei 1, 2, 3 und 4, mit den zugehörenden Hebeln a, a und b b und in S die Steuerscheibe, welche im unteren Teile E die Exzenterstange aufnimmt. Die Verbindung der Auslasshähne 3 und 4 mit der Scheibe S vermitteln die Schubstangen n, n, mit den Hahnhebeln b, b, diejenige der Einlasshähne 1 und 2 der bei p s i sichtbare Mechanismus. Derselbe besteht aus einer kurzen Schubstange, die bei p mit S drehbar verbunden ist und bei s eine aufgeschraubte kleine Traverse trägt, von der in der Mitte eine runde Stange d und an jedem Ende eine Blattfeder e ausgeht. Die runde Stange tritt in eine Büchse g, welche gabelartig ausläuft und von dem Hahnhebel a aufgenommen wird. Die beiden Federn e e sind über i mit Stahlplatten versehen, welche hakenartig vorspringen, während die Büchse ebenfalls solche Platten trägt, die als Anstoss dienen. Wie die links gezeichnete Stellung erkennen lässt, wird bei der Drehung der Scheibe S in der Pfeilrichtung die Büchse g (Mitgeher) von den Federn mitgenommen und der Hahn 1 durch a gedreht, so lange die genannten Platten sich berühren. In der Büchse liegt nun um eine Achse drehbar der Daumen i, dessen Achse durch Hebel und Lenker k mit dem Hebel o in solcher Verbindung steht, dass so lange o fest steht, der Daumen infolge der Mitnahme von g sich allmählich aufrichtet und die beiden Federn e, e so auseinanderspreizt, dass ihre Platten über diejenigen des Mitgehers g hinweggehen und diesen liegen lassen (wie rechts gezeichnet ist). In demselben Augenblicke wirkt die in das Federhaus F eingeschlossene Spiralfeder f durch die Stange t auf den Hebel c ein und dreht den Hahn zurück unter Mitnahme des Mitgehers g durch den Hebel a. Da der plötzliche Schluss der Einströmung hierbei also mit der Auslösung der Federn e e durch die Drehung des Daumens i zusammenfällt, so erfolgt derselbe stets bei derselben Kolbenstellung also derselben Füllung, so lange

sich in der Stellung der Teile i, c, k, o nichts ändert. Sowie jedoch der Hebel o eine andere Lage erhält, wird das Anstossen des Daumens i früher oder später vor sich gehen und damit der Füllungsgrad ein anderer. Die Hebel o bieten daher ein einfaches Mittel, die Expansionsverhältnisse dem Gang der Maschine anzupassen, indem sie von dem Regulator aus gestellt werden. Zu dem Behufe pflegt man die Achsen dieser Hebel mit eingreifenden Zahnradsegmenten x zu versehen und die eine Achse mit dem

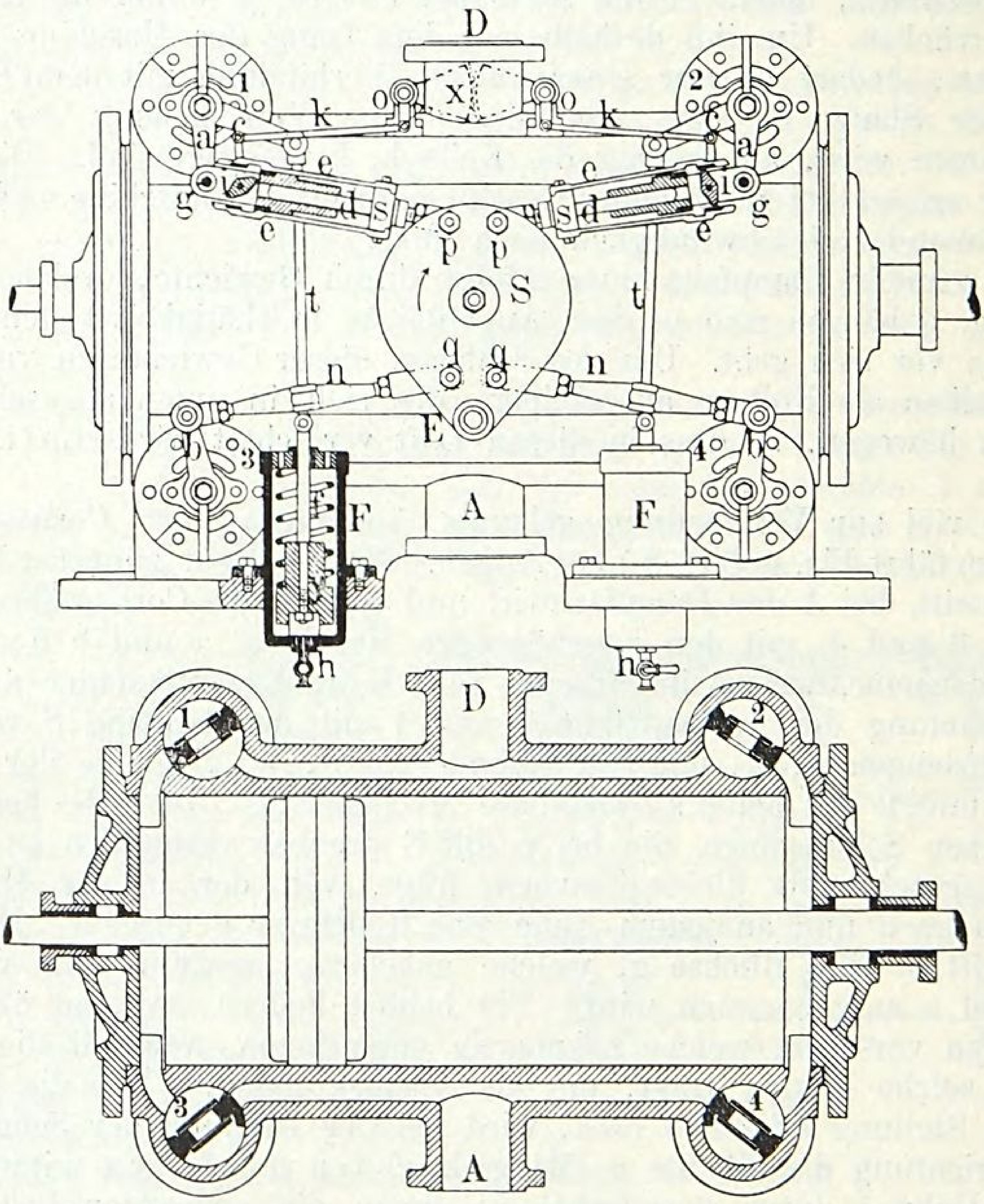


Fig. 468.

Regulator in passender Weise zu verbinden. Um die mit der Bewegung von Massen zusammenhängenden Unzuträglichkeiten zu vermeiden oder zu vermindern, wird der Abschluss hier von einer Feder f nebst Kolben y bewerkstelligt, welche in dem Federhause F sitzen, in dessen unterem Teile bei der schnellen Abwärtsbewegung des Kolbens y die Luft komprimirt, um einen Luftpuffer zu bilden, dessen Wirkung durch den Lufthahn h jedoch derart geregelt wird, dass beim Heben des Kolbens, womit zugleich ein Spannen der Feder und im Federhause eine Luftverdünnung stattfindet.

Zu den vorzüglichsten neueren Ausführungen der Corlissteuerung gehört die in Fig. 469 skizzirte (Frikart). Sie besteht zunächst aus einem

mitten vor dem Cylinder angebrachten Stern S, welcher von dem auf der Kurbelwelle sitzenden Exzenter E mittels der Exzenterstange T, Schwinge J und Schubstange z in Schwingung versetzt wird und dadurch vermittelst der Stangen n, n die Auslassventile 3 und 4, sowie der Stangen m, m die Einlassventile 1 und 2 bewegt und zwar die ersteren unmittelbar, die letzteren mittelbar mit Hilfe von Mitnehmern. Zu dem Zwecke sitzt auf jeder Spindel des Einlassventils ein zweiarmiger Hebel a b (III), dessen Arm a als Daumen ausgebildet ist und dessen Arm b eine Stange l aufnimmt, die nach abwärts führt und mit einem Kolben in dem Luftcylinder L verbunden ist, der durch komprimirte Luft die zum Schlusse der Ein-

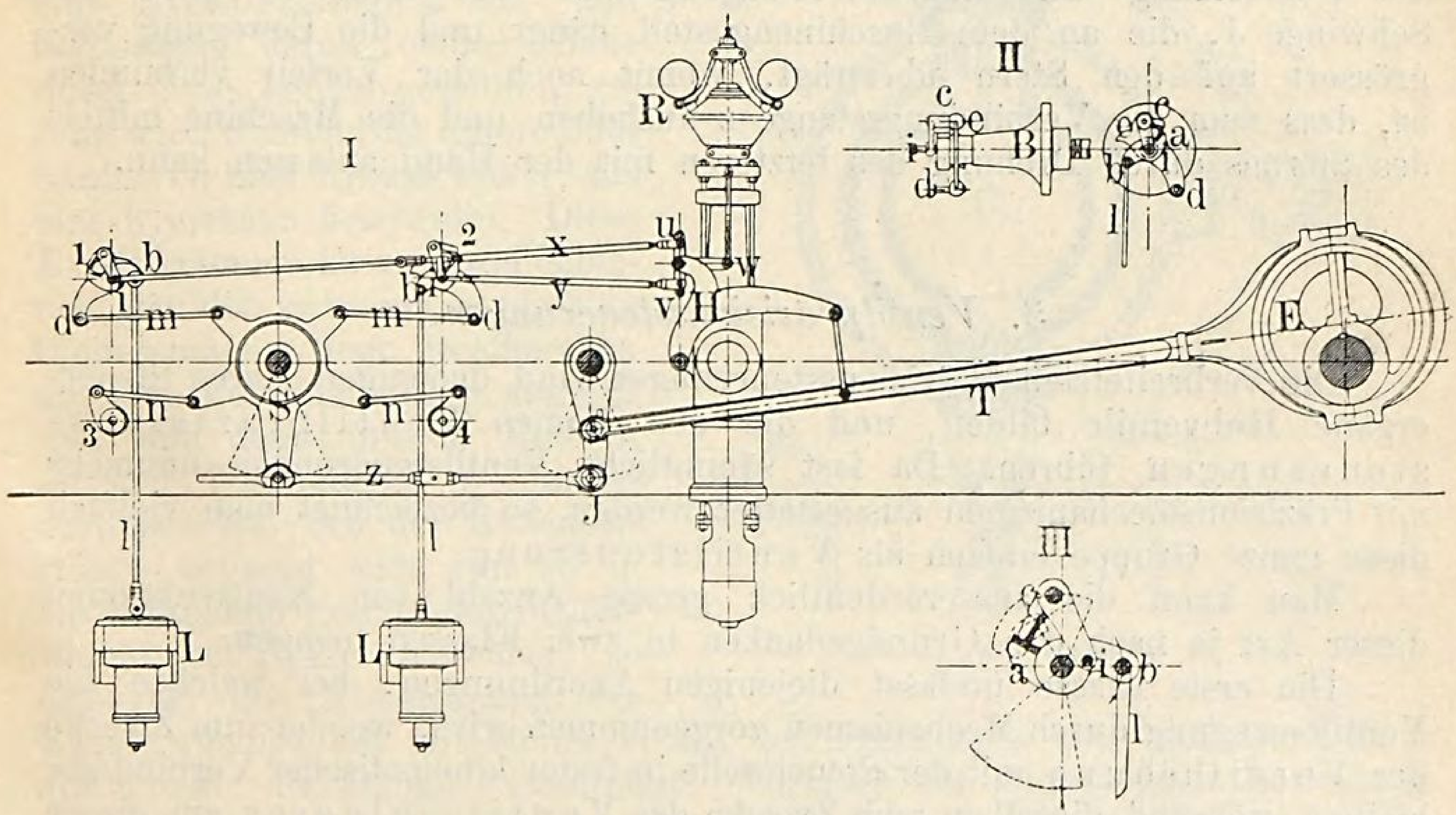


Fig. 469.

strömung erforderliche Drehung des Rundschiebers bewirkt. Der Daumen a dient als Mitgeher oder passiver Mitnehmer und ist an der Angriffsfläche mit einer gehärteten etwas konkav gekrümmten Stahlplatte belegt, gegen welche der aktive Mitnehmer c schwingt. Zur Hervorbringung dieser Schwingung ist der Mitnehmer wie eine Falle mit dem Hebel e d verbunden, der mit einer Nabe drehbar auf den Hals des Bockes B geschoben ist und vermittelst der Stange m von dem Stern S eine schwingende Bewegung erhält, an welcher der Mitnehmer c teilnimmt, so dass dieselbe an den Mitgeher a übergeht so lange a und c in Berührung sind.

Die Dauer dieser Berührung hängt ab von der Stellung des Mitnehmers c zu dem Mitgeher a, die dadurch veränderlich gemacht ist, dass der Mitnehmer c um einen Zapfen an dem Hebel d e drehbar befestigt ist; ohne Einfluss auf a bleibt z. B. der Mitnehmer in der bei II gezeichneten Lage, während in der Stellung bei III die Mitnahme erfolgt. Die Schwingung des Mitnehmers e um seinen Zapfen wird von dem Exzenter E abgeleitet, indem die Exzenterstange T die Schwinge H in Bewegung setzt, die einen dreiarmigen Hebel u v w trägt, von dem zwei Stangen x und y an i angreifen, so dass die Mitnehmer von 1 und 2 von u v w aus in Schwingung gerathen. Ausserdem aber ist der dritte Arm w an den Regulator R

angehängt, der dadurch in der Weise auf u v w zur Einwirkung kommt, dass dieser Hebel sich nach der Höhenlage der Regulatormuffe einstellt. Hierdurch aber wird eine frühere oder spätere Auslösung der Mitnehmer erreicht, indem je nach der Regulatorstellung die Mitnehmer der Achse des Rundschiebers genähert oder von derselben entfernt werden, wie aus den in Fig. III gezeichneten Kurven zu erkennen ist, die für die kleinste und die grösste Füllung angedeutet sind. Gleichzeitig ist hieraus zu erkennen, dass die Mitnehmer ohne Anwendung von Federn stets zwangläufig geführt werden. —

Erwähnung verdient noch an dieser Anordnung der Corlissteuerung die Übersetzung der Exzenterbewegung auf den Stern S durch die Schwinge J, die an dem Maschinengestell hängt und die Bewegung vergrössert auf den Stern überträgt, womit noch der Vorteil verbunden ist, dass man die Verbindungsstange z ausheben und die Maschine mittels des Sternes durch Drehung des letzteren mit der Hand anlassen kann.

3. *Ventilpräzisionssteuerungen.*

Die verbreitetsten Präzisionssteuerungen sind diejenigen, deren Steuerorgane Hubventile bilden, und die den Namen Ventilpräzisionssteuerungen führen. Da fast sämmtliche Ventilsteuerungen nunmehr mit Präzisionsmechanismen ausgestattet werden, so bezeichnet man vielfach diese ganze Gruppe einfach als Ventilsteuerung.

Man kann die ausserordentlich grosse Anzahl von Konstruktionen dieser Art je nach den Grundgedanken in zwei Klassen bringen.

Die erste Klasse umfasst diejenigen Anordnungen, bei welchen die Ventilbewegung durch Mechanismen vorgenommen wird, welche zum Zwecke der Ventilhebung mit der Steuerwelle in fester kinematischer Verbindung bleiben, während dieselben zum Zwecke des Ventilschlusses aus dieser Verbindung ausgelöst werden, um den Verschluss mit Hilfe anderer Kräfte, namentlich gespannter Federn, zu bewerkstelligen (auslösende Ventilpräzisionssteuerungen).

Zu der zweiten Klasse gehören dahingegen diejenigen Anordnungen, bei welchen nebst der Ventilhebung auch der Ventilschluss sich zwangläufig d. h. ohne Auslösung eines Teiles des Mechanismus vollzieht (zwangläufige Ventilpräzisionssteuerungen).

Als Grundlage der auslösenden Ventilsteuerungen hat diejenige zu gelten, welche in Fig. 470 schematisch gezeichnet und unter dem Namen Sulzersteuerung (von ihrem Erfinder Sulzer) allgemein bekannt geworden ist. Man erkennt zunächst, dass das Einlassventil a von dem Auslassventil e derart getrennt ist, dass das erstere oben, das letztere unten am Cylinder in den zugehörenden Kammern spielt. Beide Ventile sind Rohrventile und werden an Spindeln s geführt, die in Federhäusern F F mit Spiralfedern umgeben sind, welche beim Heben der Ventile sich spannen und das Bestreben haben die letzteren zu schliessen. Die Auslassventile e erhalten ihre Bewegung von einer unrunden Scheibe c, welche die an einem Lenker l hängende Schubstange k, durch Einwirkung auf eine Rolle, und damit den Ventilhebel f in der Weise bewegt, dass das

Ventil zum Ablassen des Dampfes aus dem Cylinder C gehoben wird, wobei die Feder F vermöge ihrer Spannung zugleich den erforderlichen Andruck der Rolle an die Scheibe c sichert. Die letztere sitzt auf einer Steuerwelle, welche parallel neben dem Cylinder in Böcken B gelagert ist und durch Kegelräder von der Kurbelwelle angetrieben wird.

Die Bewegung des Einlassventils a geht von dem Kreisexzenter d aus, das auf derselben Steuerwelle sitzt und zunächst eine Exzenterstange z hin- und herbewegt, deren oberes Ende durch einen Lenker geradlinig geführt wird, während der untere Endpunkt von dem Kreisexzenter aus eine Kreisbahn beschreibt. Diese Exzenterstange ist aus zwei Schienen gebildet, zwischen denen eine Steuerstange i liegt, welche oben an dem Ventilhebel o p angreift und mit dem unteren Ende n an den Winkelhebel u x angeschlossen ist. An der Exzenterstange befindet sich nun bei m ein Mitnehmer und an der Steuerstange bei n ein Anschlag, so dass bei der Abbewegung der Exzenterstange der Mitnehmer m auf den Anschlag n tritt und zum Öffnen des Ventils die Stange i mitnimmt. Vermöge der angegebenen Bewegung der Exzenterstange beschreibt aber der Mitnehmer m eine elliptische Bahn und gleitet über den Anschlag hin, so dass er während $^1/_4$ der Umdrehung des Exzenters, beziehungsweise der Maschine, das Ventil öffnet und während der nächsten $^1/_4$ Umdrehung offen hält, bis nach dieser halben Umdrehung der Anschlag abschnappt, sodass das Ventil sich schnell schliesst und während der folgenden halben Umdrehung geschlossen bleibt. In diesem Fall arbeitet die Maschine mit ganzer Füllung also ohne Expansion. — Wird jedoch die Zeit der Berührung zwischen m und n gekürzt, so erfolgt demgemäss ein früherer Abschluss und also ein kleinerer Füllungsgrad. Diese Zeitkürzung erzielt die Bewegung des Winkelhebels u x, an welchen die Steuerstange angehängt ist. Schwingt dieser Hebel nach rechts weiter aus, so verkleinert sich immer mehr und mehr die Fläche, mit welcher n von m berührt wird, also damit der Weg der von m auf n zurückzulegen ist, bis endlich n ganz das Bewegungsgebiet von m verlässt und von m unberührt bleibt, in welcher Stellung die Eröffnung des Ventils überhaupt ausfällt. Zur Hervorbringung dieser Schwingung dient der Regulator, der in bekannter Weise die Stange t auf- und abbewegt, die an dem Winkelhebel x u befestigt ist und den Anschlag n zu dem Mitnehmer m in eine bestimmte Lage bringt und dadurch einen Füllungsgrad hervorruft, der dem Gang der Maschine angepasst ist. — Verfolgt man bei dieser Steuerung die Bewegungsverhältnisse, so erkennt man leicht, dass die Teile m und n

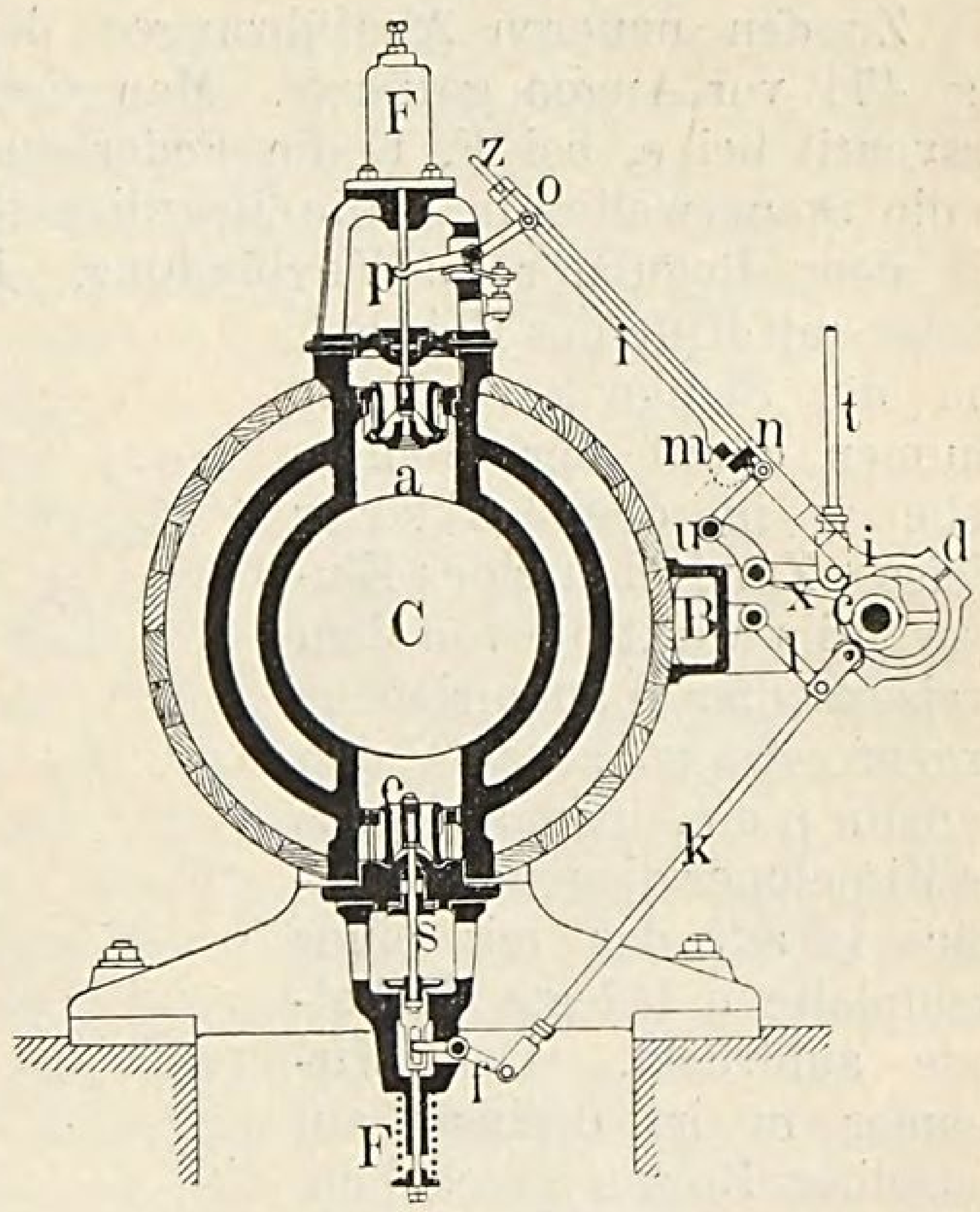


Fig. 470.

in dem Augenblicke aufeinander stossen, wo die Exzenterstange die grösste Geschwindigkeit besitzt, was zur Folge hat, dass der entstehenden Stösse wegen diese Steuerung grössere Geschwindigkeiten der Dampfmaschine nicht gestattet.

Zu den neueren Ausführungen der Sulzer-Steuerung gehört die in Fig. 471 vor Augen geführte. Man sieht das Einlassventil bei a, das Auslassventil bei e, bei F, F die Federhäuser, in p und f die Ventilhebel, in w die Steuerwelle, in s die Regulirwelle durch die Stange t und Hebel x mit dem Regulator in Verbindung. Die Steuerung des Auslassventils e erfolgt mit Hilfe des Hebels f und der Stange k von den Daumen c auf der Steuerwelle w in oben erklärter Weise. Zur Hebung des Einlassventils wirkt die von dem Kreisexzenter d angetriebene Exzenterstange z auf den Hebel n p ein, indem sie das als Mitnehmer dienende Stahlstück m auf das mit einer Stahlplatte n belegte Hebelende aufdrückt. Der Mitnehmer m ist drehbar auf denselben Bolzen geschoben, welcher der Stange z zur Stütze dient und beide mit einer Lenkstange verbindet. Ausserdem setzt sich an m der kleine Hebel m o an, welcher die Zugstange y aufnimmt, die ihrerseits mit der Schwinge 3, 2, r verbunden ist. Diese Schwinge hängt mit ihrem Drehpunkt an einem Hebel der Welle s, so dass durch Bewegung der letzteren die Lage der Schwinge verändert wird. Diese Lagenänderung ruft je nach der Richtung durch die Stange y ein Ausrücken oder Einrücken des Mitnehmers m und damit ein kürzeres oder längeres Verweilen des Mitnehmers m auf dem Knaggen n, also ein früheres oder späteres Schliessen des Ventils a hervor, indem nach dem Abschnappen vermittelst der in F sitzenden Feder das Ventil sich sofort abwärts bewegt.

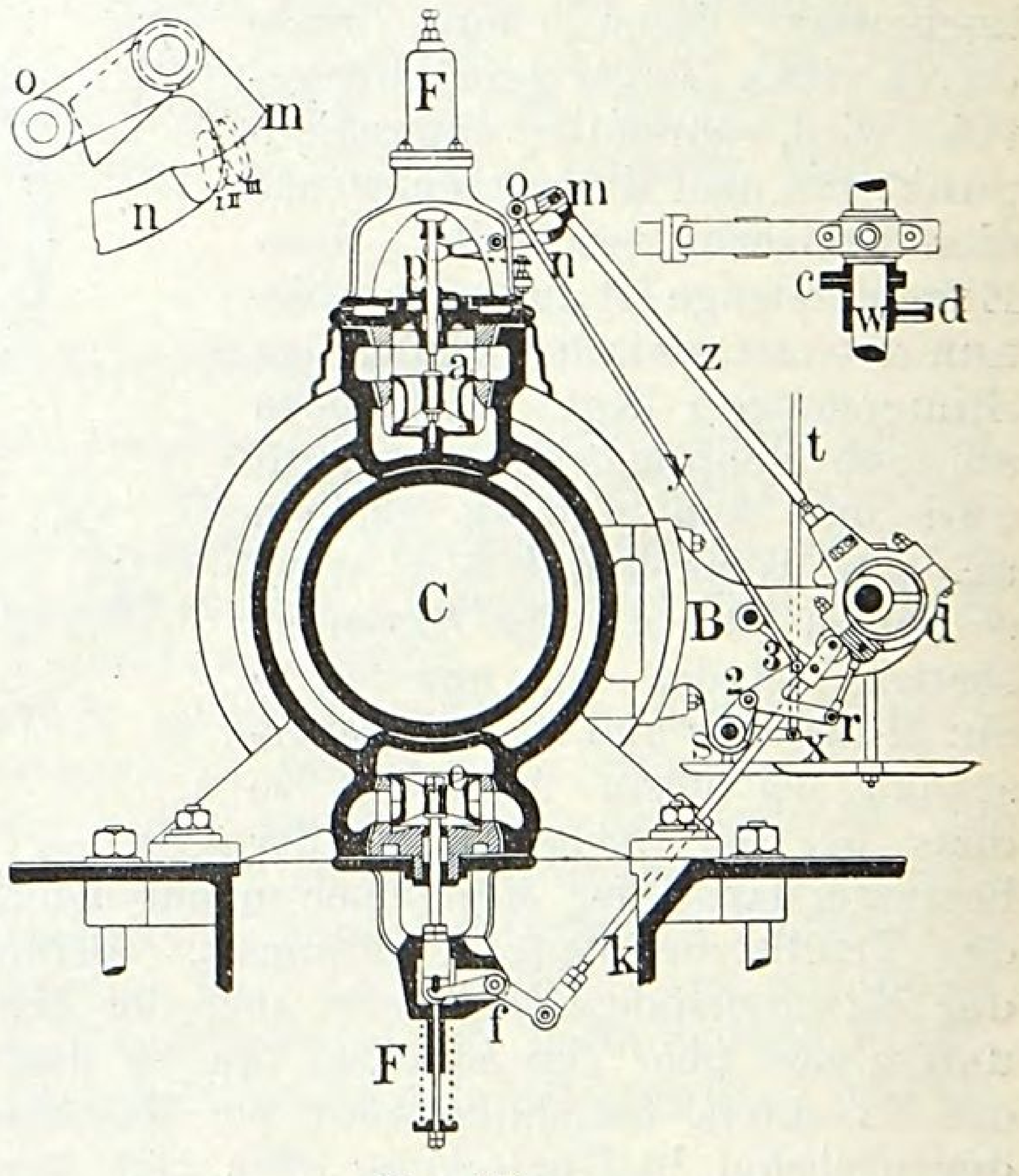


Fig. 471.

Die Verbindung der schwingenden Bewegung der Exzenterstange z mit der von y auf m o übertragenen Bewegung ergiebt, wie die Nebenfigur zeigt, für den Mitnehmer m statt der Ellipse eine Bahn von gedrückter Form, welche je nach der Mittelstellung von m, bedingt durch die höhere oder tiefere Lage der Stange i, nach links oder rechts verschoben wird. Beschreibt die vordere Kante des Mitnehmers z. B. die Linie I, so verlässt derselbe den Anschlag n überhaupt nicht und es findet volle Füllung statt. Verlässt der Mitnehmer m den Anschlag bei der Kurve II, so schliesst sich das Ventil und bleibt geschlossen, während m seine rückläufige Be-

wegung vollendet, bis m sich wieder nach links hinüber schiebt, sich langsam mit voller Fläche auf den Anschlag legt und denselben rasch abwärts bewegt, um darauf den Anschlag zu verlassen. Bei der tiefsten Stellung der Stange y endlich beschreibt der Mitnehmer m die Bahn III in der Luft und öffnet demnach das Ventil a überhaupt nicht. Aus dieser Kurvendarstellung geht hervor, dass der Steuermechanismus alle Füllungen von 0 bis 1 und also jedes Expansionsverhältnis nicht nur zulässt, sondern vollständig selbstthätig vom Regulator aus einstellt und dass infolge des Aufschiebens des Mitnehmers m auf den Anschlag n der bei der vorigen Ausführung sehr bemerkbare stossartige Aufschlag wegfällt. Hierdurch ist aber zugleich die Möglichkeit gegeben, grössere Geschwindigkeiten zu gewinnen.

Bei den auslösenden Ventilsteuerungen erfolgt der Ventilschluss infolge des Losschnellens der Feder stets mehr oder weniger wurf- oder stossartig. Um ohne die Vorteile aufgeben zu müssen, welche durch ein sehr rasches Abschliessen bedingt werden d. h. um unter Vermeidung des schleichenden Öffnens und Schliessens der Ventile und um mit Beibehaltung der selbstthätigen Regulirung des Füllungsgrades durch den Regulator, den Ventilschluss stossfrei zu bewirken, sind diejenigen Steuerungen von grosser Bedeutung geworden, bei welchen auch der Ventilschluss zwangläufig stattfindet, und die daher auch den Namen zwangläufige oder positive Ventilsteuerung erhalten haben. Sie unterscheiden sich von den auslösenden Steuerungen dadurch, dass kein Glied aus dem Steuermechanismus vorübergehend austritt, dass vielmehr alle Teile in kinematischer Verbindung bleiben und dass infolgedessen die etwa zum Schliessen angewendeten gespannten Federn u. dgl. den Schluss nicht frei, sondern zwangläufig bewirken.

Das Vorbild der in diese Klasse gehörenden Ventilsteuerungen bildet die nach dem Erfinder (Collmann) benannte Collmann-Steuerung in der durch Fig. 472 vergegenwärtigten Anordnung.

Die Ventile sind getrennt an den Cylinderenden angebracht und zwar befindet sich das Einlassventil a oben und das Auslassventil e unten. Wie ohne weiteres zu erkennen ist, erfolgt die Hebung des Auslassventils e an der Ventilstange durch die zwei auf einander wirkenden Winkelhebel h u und u k vermittelst der Zugstange l von dem Kreisexzenter E, welches auf einer Welle w (Steuerwelle) sitzt, die parallel der Cylinderachse gelagert ist und von der Kurbelwelle durch Kegelzahnräder angetrieben wird. Zum Schliessen des Auslassventils dienen Gewichte G, die an die Ventilstange s angehängt werden.

Die Hebung und Senkung des Einlassventils a vermittelt ein sog. Kniehebel b c d, dessen höchster Punkt d, durch einen Bolzen drehbar mit der gegabelten Ventilstange verbunden ist, während der Kniehebel zwischen den Gabelschienen frei hängt. In dem oberen Kopfe findet die Ventilstange s eine weitere Führung; eine Blattfeder drückt sie stets nach abwärts.

Der Kniehebelarm b c d besteht aus zwei Teilen, die sich ineinander verschieben und auseinander gehen, wenn sich das Ventil a senkt, um das bei Ventilen notwendige freie Spiel (S. 534) herzustellen. Zur Stützung des Kniehebels ist der Arm b c gelenkartig mit dem Hebel b f g ver-

bunden, während das Kniegelenk c an die Zugstange c m angeschlossen ist. Erstere steht, um einen Bolzen drehbar, bei g mit der Exzenterstange p p in fester Verbindung. Die Schubstange c m dahingegen umfasst bei m mit einer Gabel eine Hülse, welche sich längs der Exzenterstange p p verschieben lässt. Nun wird ferner die Stange c m bei n von einer kurzen Zugstange i erfasst, die an dem Hebel q r sitzt, der mittels der Stange q u mit der Hülse u des Regulators R verbunden ist, so dass mit Hilfe dieser Gelenke die Hülse m durch den Regulator auf der Exzenterstange p p verschoben beziehungsweise eingestellt wird.

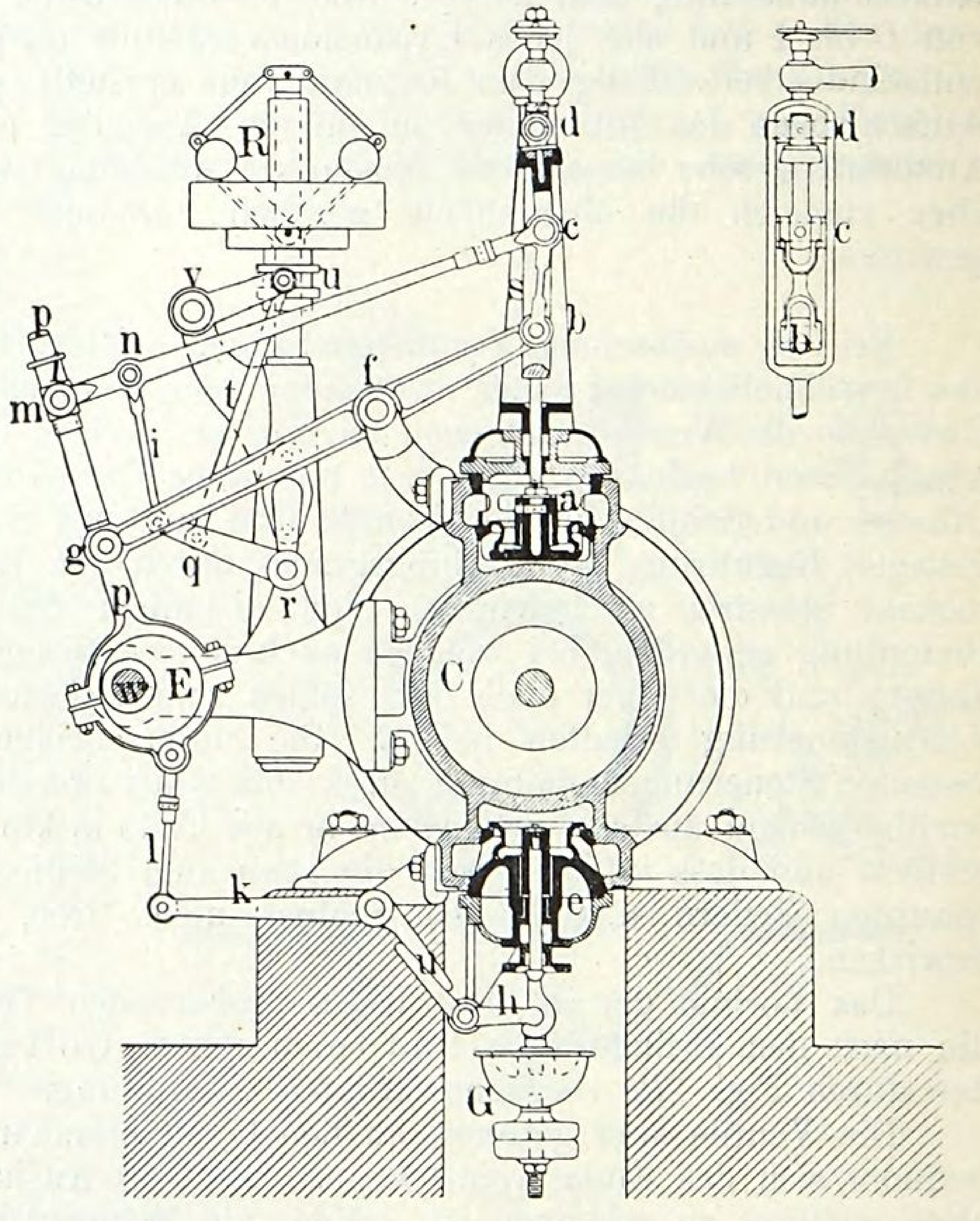


Fig. 472.

Durch Drehung des Kreisexzenters E erhält zunächst die Exzenterstange p p eine Hin- und Herbewegung und eine schwingende Bewegung um den Bolzen g. Infolge der letzteren wird vermittelst der Stange m c je nach der Richtung der Kniehebel gerade gestreckt oder gebeugt und somit das Ventil gehoben oder gesenkt. Das Maass dieses Ausschlages wird bestimmt durch die Entfernung der Hülse m von dem Drehpunkt g und wächst mit dieser Entfernung. Je grösser diese Entfernung ist, je früher erfolgt der Ventilschluss, weshalb der Regulator bei wachsender Geschwindigkeit die Hülse m hinaufschieben muss und umgekehrt. Ausserdem wirkt auf den Kniehebel der Hebel g b ein, indem das Ende g mit der Exzenterstange p p schwingt; geht dabei b abwärts während c ausschwingt, so addiren sich diese beiden Bewegungen, während umgekehrt sie sich subtrahiren, so dass je nachdem dieselben gleich oder entgegengesetzt gerichtet sind, auch die Ventilbewegung mit der Summe oder der Differenz derselben ausgeführt wird.

Die eben beschriebene Collmannsteuerung hat das eigentümliche, dass die Schlussbewegung der Ventile am Ende der Bewegung schnell stattfindet und infolgedessen bei raschem Gang der Maschine die Ventile mit erheblichem Stosse auf den Sitz gelangen. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, ist mit grossem Vorteile statt der direkten Uebertragung der Kniehebel-

bewegung auf die Ventile durch Einschaltung von eigenartig angeordneten Hebeln eine indirekte Übertragung eingeführt, die selbst bei rasch laufenden Maschinen ein sanftes Aufsetzen der Ventile bei schneller Schlussbewegung bewirken. Eine bewährte Ausführung dieser Art zeigt Fig. 473. Man erkennt zunächst bei a das Einlassventil, das mit der Dampfkammer K in Verbindung steht, welcher der frische Dampf durch das Dampfrohr D zugeführt wird, und bei e das Auslassventil in Verbindung mit dem Dampfauslasskanal A. Wie bei der in voriger Figur dargestellten Grundlage dieser Steuerung befindet sich parallel zum Dampfcylinder C die Steuerwelle mit dem Exzenter E, welche dieselbe Anzahl Umdrehungen macht, wie die Kurbelwelle. Von E geht die Bewegung mittels der Exzenterstange p p, Hebel g f b und Schubstange n c auf das Knie b c d über, während vom Regulator R durch die Hülse u, Schubstange t und Schwinge q r i n die

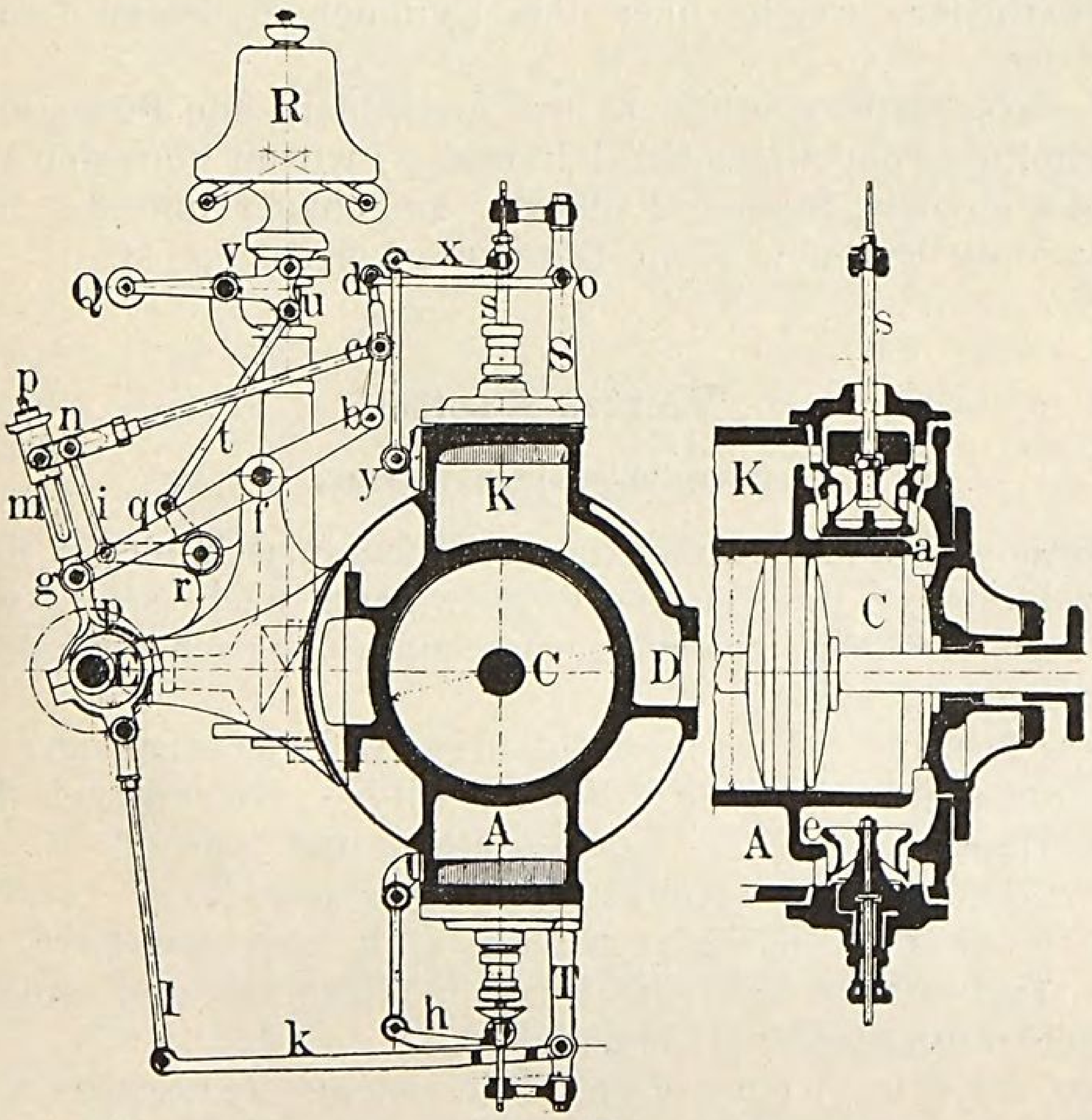


Fig. 473.

Verschiebung der Büchse m längs p p bewirkt wird, um die veränderliche Expansion herbeizuführen. Ein Gewicht Q ist dazu bestimmt, die zu dem Zwecke mit dem Hebel v u verbundene Hülse u auszubalanziren beziehungsweise die Hülsenbelastung und damit die Normalumlaufzahl zu verändern.

Zur Übertragung der Kniehebelbewegung auf das Einlassventil a sind zwei Schienen d o und x angebracht, welche als Hebel zur Wirkung gelangen. Die obere Schiene x ist mittels Gelenkbolzens an die Ventilspindel s und an eine Stange angeschlossen, die bei y gelenkig befestigt ist, so dass die Geradführung der Ventilspindel s nicht gehemmt wird. Der Hebel d o hat dahingegen bei o an der Säule S einen festen Drehpunkt und bei d einen Gelenkanschluss an das Knie b c d. Die Gerade-

streckung dieses Knies durch e n infolge der Ausschwenkung der Exzenterstange p p bewirkt, dass der Hebel d o sich um o nach oben dreht und dadurch den Hebel x mit der Ventilspindel s hebt. Indem nun hierbei beide Hebel sich um ihre entgegenliegenden Endpunkte drehen, müssen sie sich aufeinander in der Weise wälzen, dass die Berührung zwischen d o und x sich in der Richtung von o nach d verschiebt. Mit dieser Verschiebung des Angriffspunktes von o nach d ist aber eine zunehmende Geschwindigkeit in der Hebung von x also in der Ventilöffnung verbunden und damit ein sanftes Anheben mit schneller Hebung erreicht. Genau in umgekehrter Reihenfolge findet das Senken des Ventils statt, da beim Einknicken des Knies anfangs das Ventil schnell abwärts fällt, am Schlusse aber sich sanft aufsetzt. — Die stetige Berührung der Gegenhebel x und d o vermittelt zum Teil das Ventilgewicht, zum Teil eine auf die Spindel pressende Blattfeder, welche über dem Cylinder in dessen Längenrichtung ausgespannt ist.

Die Auslassventile e erhalten ihre gleichbleibende Bewegung ebenfalls unter Einschaltung der Gegenhebel h und k, wovon h an der Ventilspindel angreift und k an dem Ständer T drehbar aufgehängt und durch die Schubstange l von dem Exzenter E in Bewegung zu setzen ist.

Viertes Kapitel.

Dampfmaschinensysteme.

Die Einteilung und Gruppirung der Dampfmaschinen in ihren ausserordentlich zahlreichen Erscheinungsformen kann nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, jenachdem man eines der nachstehenden Merkmale als Einteilungsgrund wählt:

1. *Das innere Wesen d. h. die Dampfwirkung.* Hiernach würde man etwa unterscheiden: Hoch-, Mittel-, Niederdruck-M. — Volldruck- und Expansions-M. — Kondensator- und Auspuff-M. — Einfach- und doppeltwirkende M — Kolben- und Reaktions-M.

2. *Die äussere Erscheinung d. h. die Gestalt und Aufstellung.* Dadurch ist die Einteilung in liegende und stehende, feststehende und transportable M. entstanden.

3. *Die Bestimmung d. h. den ausgesprochenen Zweck.* Hiernach gelangt man nach der Einteilung in allgemeine und besondere Kraftmaschinen, je nachdem sie mittelbar in Verbindung mit einer Kraftverteilung (Transmission) oder unmittelbar in Verbindung mit einer Werkmaschine dient: Transmissions- und Werk-M.

4. *Die Art ihrer Bewegung d. h die Bewegung des Kraftaufnehmers und deren Fortführung.* Dieses Merkmal führt zu den rotirenden — hin- und hergehenden — (Hub-) und Kurbel-M.

5. *Die Steuerorgane*, welche die Einteilung in Schieber-, Kolben-, Hahn- und Ventil-M. veranlasst hat.

6. *Die Zahl der Arbeitscylinder.* Hieraus ergiebt sich die Einteilung in Ein-, Zwei-, Drei- u. s. w. (Zwilling-, Drilling- u. s. w. M.).

Von den aufgezählten Merkmalen treten bei allen Dampfmaschinen stets mehrere im Zusammenhange und zwar in sehr verschiedenen Kombinationen hervor, so dass die Einreihung einer Dampfmaschine in eine der

120 und der gemeinsame Hub 600 *mm*. Danach ergiebt sich eine Leistung von 400 bis 600 *PS*.

Die in gleicher Höhe angebrachten Cylinder ruhen auf drei Paaren schräg gestellter Gusseisensäulen T, T, T, welche ihrerseits auf einer schweren Fundamentplatte P P Aufstellung finden und oben durch einen kastenförmigen Träger G G verbunden sind, der zugleich zur Aufnahme der Dampfcylinder dient. — Auf derselben Grundplatte ruht in fünf Lagern L die dreifach gekröpfte Gusstahlwelle W W mit dem Schwungrade S, hinter welchem noch ein sechstes Lager besonders fundamentirt ist, während das andere Wellenende zur Fortpflanzung der Arbeit z. B. durch unmittelbares Zusammenkuppeln mit einer grossen Dynamomaschine (S. 222) bestimmt ist. Die durchgehenden Kolbenstangen K erhalten ihre Verbindung mit den geschlossenen Kreuzköpfen k in zweiteiligen durch Keile nachstellbaren Lagern. Die Kreuzköpfe selbst gleiten in eingeleisigen Geradführungen f f, die an den Innenflächen der Säulen angegossen sind. Ihre Verbindung mit den Pleuelstangen Z, Z, Z sowie die der letzteren mit den Krummzapfen der Welle W W geht genügend aus der Zeichnung hervor.

Die Steuerungen werden von den Exzentern E, E, E angetrieben. Der Hochdruckcylinder H besitzt eine Steuerung h nach dem Prinzip der Meyer-Steuerung (S. 527), nur mit dem Unterschiede, dass sowohl Grund- als Expansionsschieber als Kolbenschieber ausgebildet sind. Der Grundschieber besitzt Kolbenringe zur Abdichtung, der zweiteilige Expansionsschieber nicht. Verstellt werden die beiden Hälften des letzteren durch Drehung einer Schnecke unmittelbar durch den Regulator R, indem die Expansionsschieberstange ein Stirnrad s trägt, in das diese Schnecke oder gewundene Zahnstange eingreift. Letztere ist in den Endpunkten zweier Hebel h, h gelagert, von denen der eine auf der Steuerwelle sitzt und von dieser bewegt wird. Infolge dieser Bewegung erhält die Expansionsschieberstange von der Schnecke zwischen h, h mittels des Stirnrades eine Drehung, welche durch Links- und Rechtsgewinde, wie S. 527 beschrieben, die Expansionsschieber näher oder weiter rückt. Bei der Bewegungsübertragung von den beiden Exzentern auf die Schieber des Hochdruckcylinders ist die Anordnung getroffen, dass das Ende der Grundschieberstange eine bewegliche Führung für die Expansionsschieberstange bildet und der Grundschieber von zwei Stangen (vorn und hinten) gefasst wird, während die Expansionsschieberstange dazwischen liegt.

Mittel- und Niederdruckcylinder haben entlastete Pennschieber m, n (S. 522 Fig. 445). Der Dampf strömt aus dem Hochdruckcylinder H durch einen weiten Mantel um denselben in den ersten Zwischenbehälter und durch diesen in den Mitteldruckcylinder M. Der Raum hinter dem Entlastungskolben steht mit dem Kondensator in Verbindung und enthält deshalb ein Vakuum. Aus dem Cylinder M tritt der Dampf ebenfalls durch einen Mantel um denselben herum und einen zweiten Zwischenbehälter in den Niederdruckcylinder N, um dann aus diesem vermittelst eines während des Ganges verstellbaren Wechselventils entweder ins Freie oder durch das Rohr Q Q zum Kondensator zu gelangen. — Oberhalb und unterhalb befinden sich an jedem Cylinder direkt belastete Sicherheitsventile zum Auslassen des etwa angesammelten Kondenswassers.

Die in Fig. 479 besonders gezeichnete Kondensationspumpe besitzt einen sackartigen Kolben k, dessen Stange r an die Doppelschwinge J J ange-

hängt ist, welche mittels Zugstangen t, t vom Kreuzkopf des Mitteldruckcylinders bewegt wird. Beim Niedergange des Kolbens treten Luft und

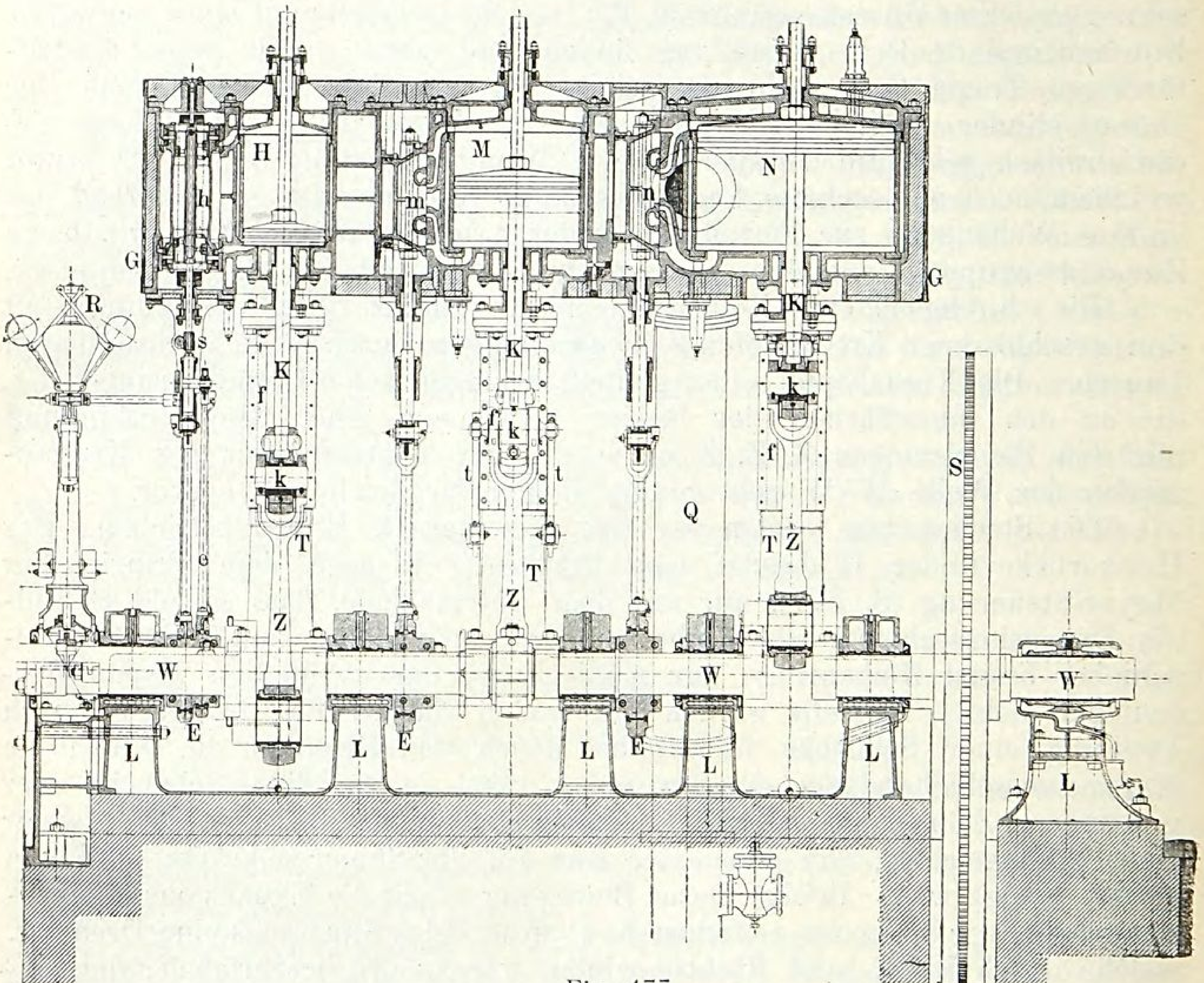


Fig. 477.

Wasser vom Kondensator durch den unteren Stutzen u durch Schlitze i, i in das Innere des Pumpencylinders ein, wobei sich das Wasser in dem Kolbensack sammelt. Bei der Aufwärtsbewegung drängt der Kolben unter gleichzeitigem Abschluss der Schlitze das Wasser durch die Auslassdruckventile v v zum Ausfliessen aus dem oberen Stutzen o, indem sich die kegelförmige Hohlfläche des Kolbens an den umgekehrten Kegel p anlegt. Man sieht, dass bei dieser Anordnung die Saugventile entbehrlich sind und dass das kondensirte Wasser selbstthätig zufliesst. Bei h befindet sich ein Schlammhahn.

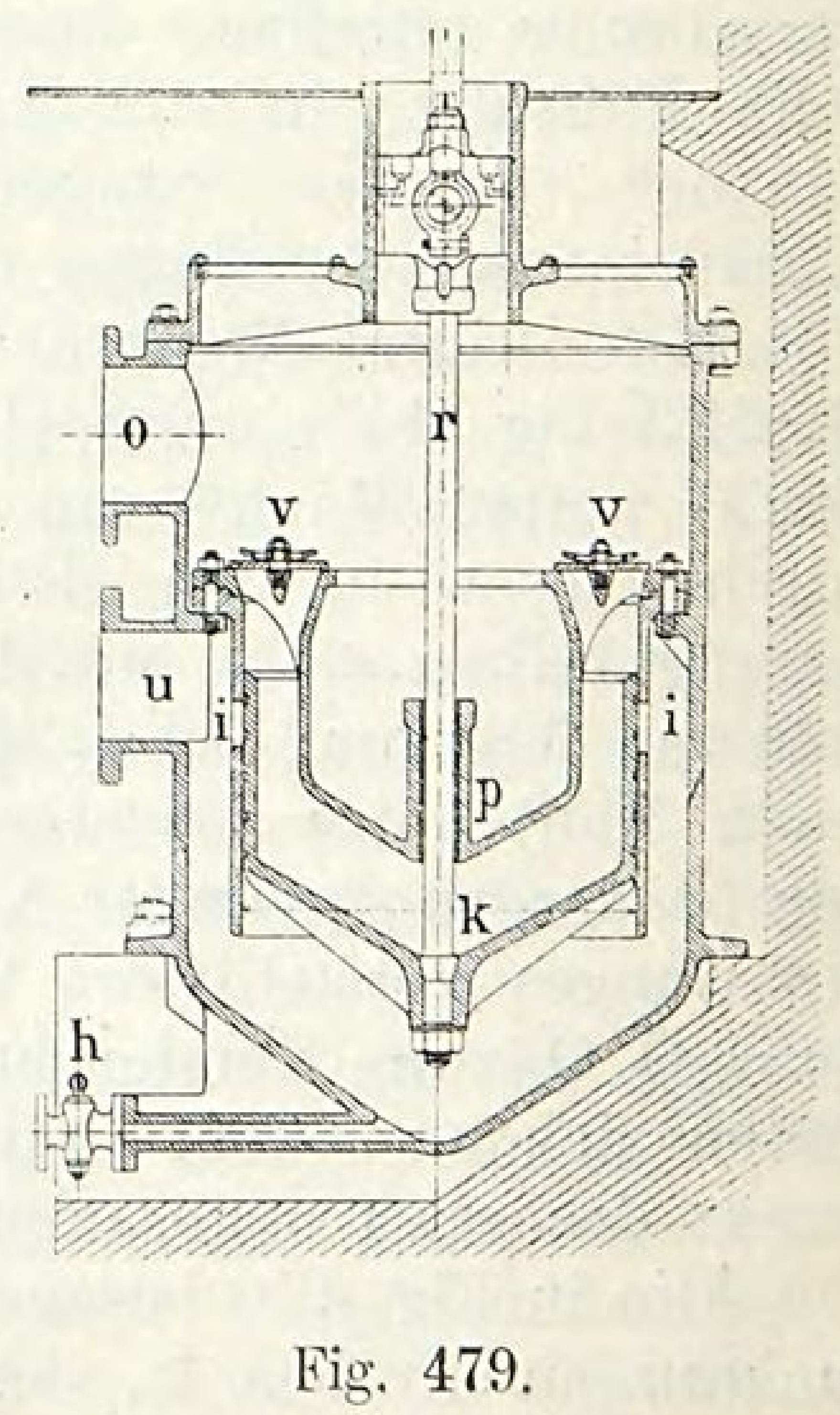


Fig. 479.

Eine Reihe sehr bedeutungsvoller Eigentümlichkeiten zeichnet die im Vertikalschnitte Fig. 480 vor Augen geführte Zwillingsmaschine (W i l l a n s) aus.

Sie besteht zunächst aus zwei vollkommen gleichen Maschinen I und II deren Kurbeln k k auf der unten liegenden Welle W W um 180° gegen einander versetzt sind und deren gemeinschaftliches Dampfzuführungsrohr A A ist. Jede Maschine besitzt zwei Cylinder B und C mit zwei Dampfkolben b und c vertikal übereinander; ausserdem noch einen dritten Kompressionscylinder D mit Kolben d. Die drei Kolben sind durch das zentrale Rohr R fest miteinander verbunden, das mittels der Stopfbüchsen e, f und g geführt und abgedichtet wird. In dem unteren Kolben d sind zwei Schubstangen h, h aufgehängt, welche auf die Kurbeln k, k der Betriebswelle W einwirken. Das Rohr R hat bei 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Bohrungen und Schlitze und im Inneren ein System von vier Kolbenschiebern i, m, n und o, welche mittels einer durchgehenden Stange fest an einander geschlossen und mit der Exzenterstange p verbunden sind, die von dem Exzenter r aus die Kolbenschieber innerhalb des Rohres R auf- und abbewegt.

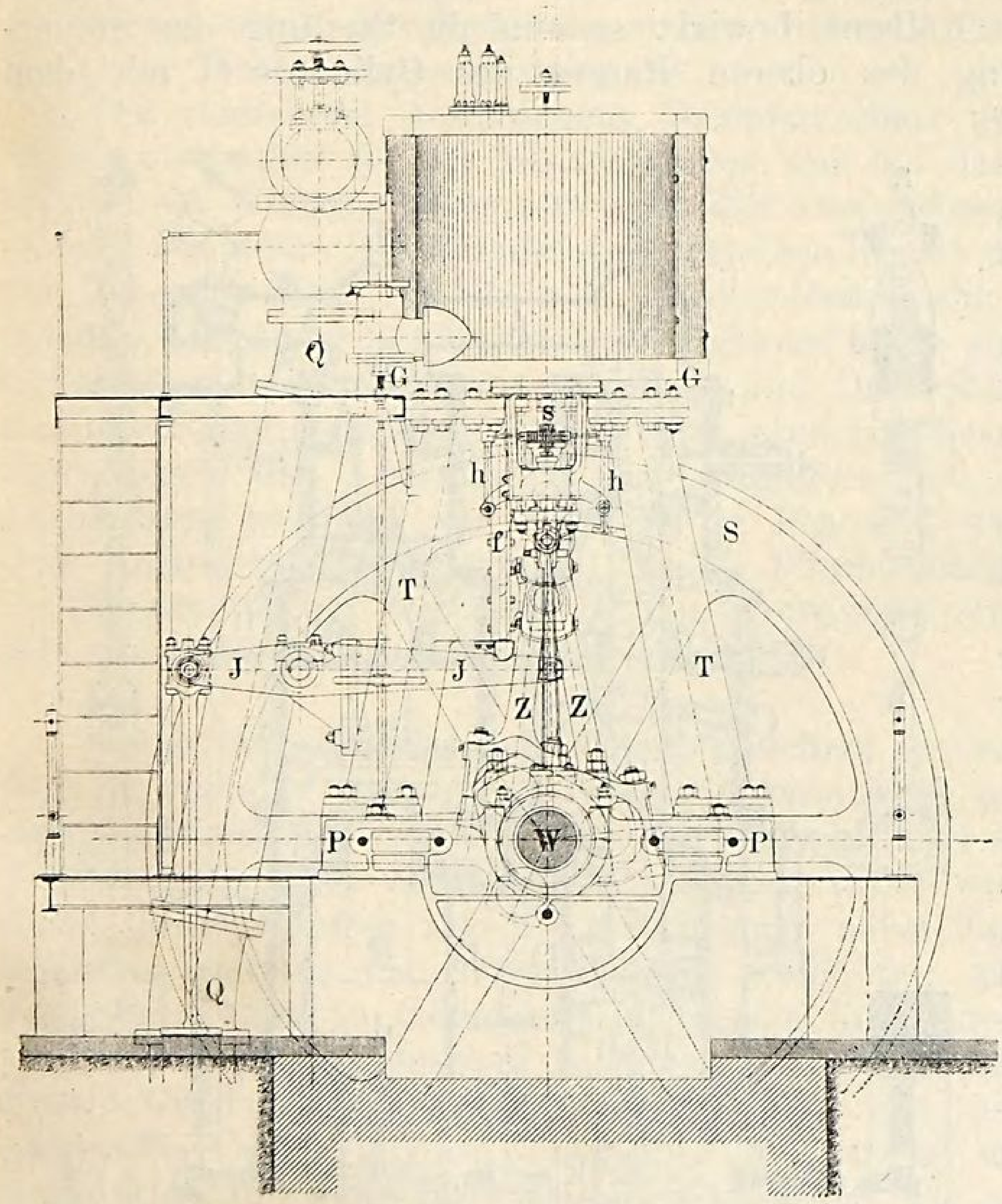


Fig. 478.

Bei der in I gezeichneten Stellung nähern sich die Kolben ihrer oberen Endlage; durch die Öffnungen 1 tritt Dampf in das Rohr R und durch die Schlitze 2 in den Cylinder B also über den Kolben b, sobald die Öffnungen 2 nicht mehr von dem Kolbenschieber i bedeckt gehalten werden. Der Dampf drückt infolgedessen den Kolben b abwärts, während die Stellung des Exzenters r so gewählt ist, dass sich die Kolbenschieber zugleich aufwärts bewegen. Hat der Kolben etwa $^3/_4$ des Weges zurückgelegt, so treten die Öffnungen 1 in die Stopfbüchse e und schliessen die Dampfzuströmung ab, so dass also der Füllungsgrad einmal von der Lage dieser Löcher in dem Rohre R und andererseits von der Höhe der Stopfbüchse bestimmt werden kann.

Wenn der Kolben b seine Aufwärtsbewegung wieder beginnt, so sind die Löcher 2 und 3 frei, der Dampf strömt aus dem oberen Cylinderraum in den unteren S und wirkt hier zunächst durch Expansion auf den

Kolben b. Derselbe Dampf dahingegen gelangt beim darauf folgenden Abwärtshube durch die mittlerweile frei gewordenen Öffnungen 4 und 5 in den Cylinder C zur Wirkung auf den Kolben c durch weitere Expansion. Beim Aufsteigen dieses Kolbens bewirkt sodann die Stellung der Steuerkolben eine Verbindung des oberen Raums des Cylinders C mit dem unteren Raum T, der als Dampfbehälter anzusehen ist, in dem derselbe Dampf beim Aufwärtsgang durch Expansion den Kolben c nach oben schiebt und aus dem er beim Abwärtsgang durch ein Rohr zum Kondensator oder in die Luft entweicht.

Um die bei der Aufwärtsbewegung der schweren Kolben sich bildende lebendige Kraft ohne Stoss aufzuzehren, ist noch ein Behälter D angebracht, in dem der Kolben d bei der Aufwärtsbewegung Luft verdichtet und somit einen Luftpuffer bildet. Damit hierbei nach jedem Kolbenhube frische Luft eintreten kann, steh der Behälter D durch den Stutzen q mit der Aussenluft in Verbindung, während ein Auslasshahn t dazu dient, die Luft beim Ingangsetzen zu entlassen. Der Stutzen q hat ausserdem den Zweck in den unteren geschlossenen Teil des Gestells Öl zum Schmieren der Lager, Kurbelzapfen und Schubstangenköpfe einzuführen.

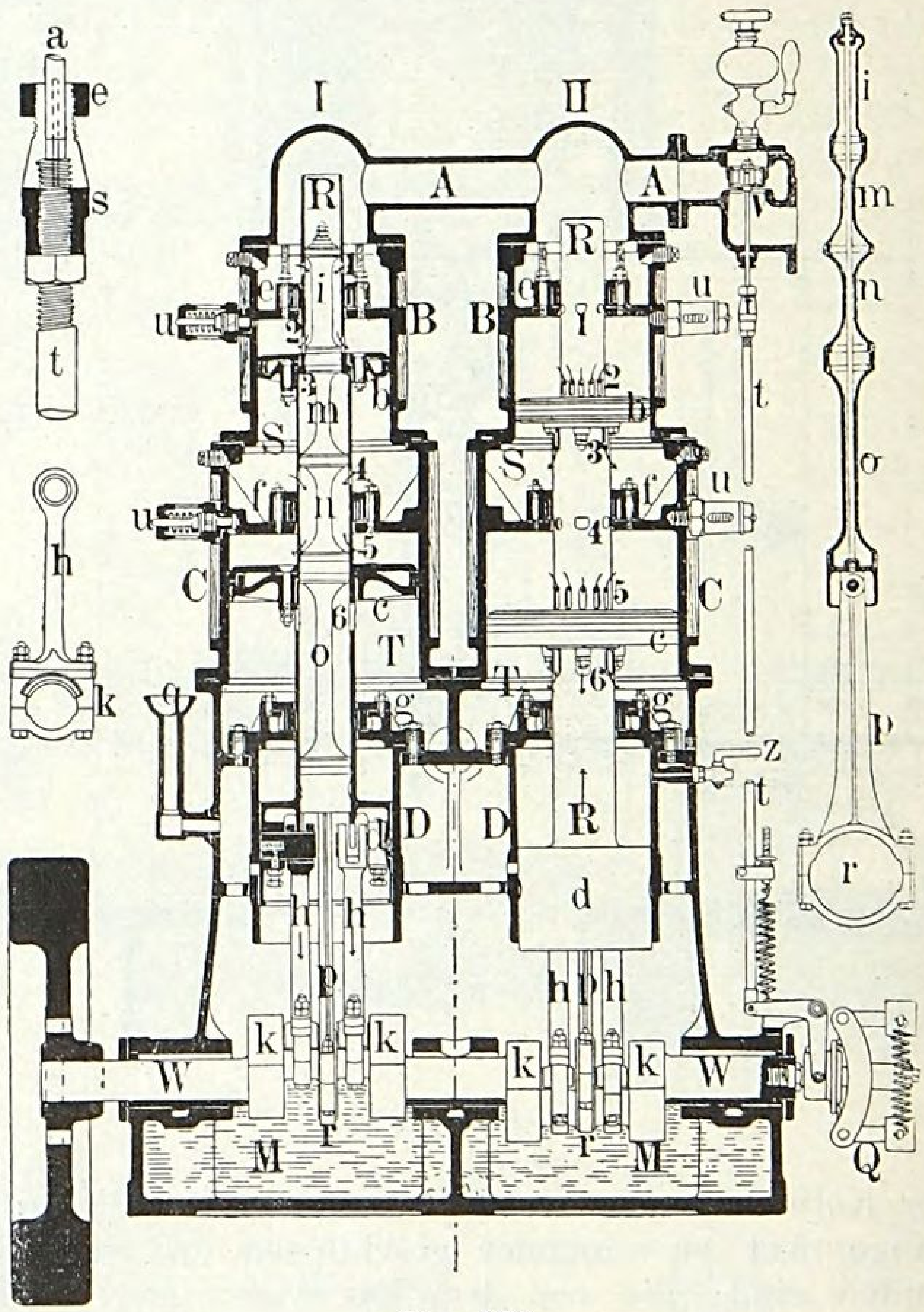


Fig. 480.

Der untere Raum M, in welchem sich die Kurbeln drehen, steht ferner in Verbindung mit einem Behälter P Fig. 481, der durch eine Querwand in zwei Teile getheilt ist und ein Rohr x besitzt, welches bis zum Boden reicht. Derselbe wird mit Wasser gefüllt, das in den Raum M gelangt, in dem dann der Stand durch die in P angebrachte Öffnung y erhalten wird. — Die Ventile u und u dienen zur Entwässerung der Cylinder.

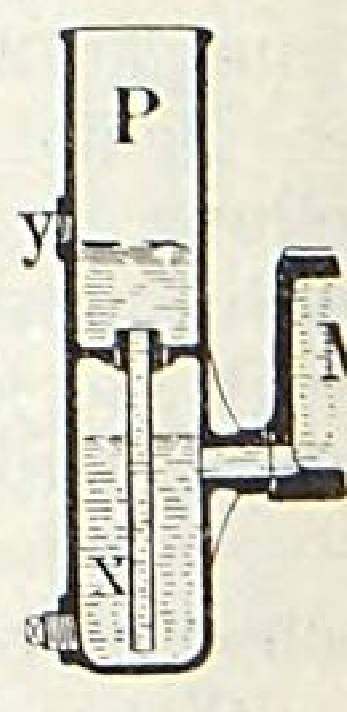


Fig. 481.

Der vom Kessel kommende Dampf passirt zunächst das Einlassventil v, welches mittels der Ventilstange t an den Regulator R

angeschlossen ist, der auf dem Ende der Kurbelwelle W sitzt und zu der Gattung der Zentrifugalregulatoren gehört. Zur genauen Einstellung dieses Ventils ist die Ventilspindel a von einer gespaltenen Büchse s umschlossen und darin durch eine Mutter e gehalten, während die Stange t in das andere Ende der Büchse eingeschlossen ist.

Die vorstehend beschriebene Dampfmaschine gehört insofern zu den einfachwirkenden als der frische Dampf nur auf der einen Seite des Treibkolbens zur Wirkung kommt, und zu den zweistufigen Expansionsmaschinen. — Eine besondere Eigentümlichkeit derselben liegt in der zentralen Einführung des Dampfes durch das Rohr R, infolgedessen eine sehr günstige gleichmässige Verteilung des Materials im Cylinder sowie eine ebenso gleichmässige Erwärmung und Ausdehnung eintritt und Querschnittsverschiebungen mit ihren Erfolgen vermieden werden. Sie kann aus diesen Gründen namentlich auch durch die Anbringung des Luftpuffers mit sehr hoher Umlaufzahl ausgestattet werden, wie z. B. die in Fig. 480 dargestellte Maschine bei einer Leistungsfähigkeit von 30 bis 40 Pferdestärken 400 Umdrehungen in der Minute macht, was bei 152 *mm* Kolbenhub einer Kolbengeschwindigkeit von 1,5 *m* in der Sekunde entspricht.

Wenn der Cylinder einer Dampfmaschine in der Weise gelagert wird, dass er um eine Querachse schwingen kann, die parallel der Kurbelwelle angebracht ist, so entsteht die Möglichkeit, dass die Kolbenstange ohne Vermittelung einer Schubstange mit der Kurbelwelle verbunden werden kann. Indem hierbei also die Schubstange nebst Kreuzkopf und Gleitbahn wegfällt, gewinnt die Dampfmaschine nicht nur an Einfachheit, sondern namentlich auch an Kürze und damit die für manche Anwendungszwecke sehr erwünschte Eigenschaft in einem kleinen Raum Platz zu finden. Aus diesem Grunde sind Dampfmaschinen dieser Art, welche schwingende oder oszillirende Dampfmaschinen genannt werden, da anzuwenden, wo es wesentlich auf Raumersparnis ankommt wie z. B. auf Dampfschiffen und in solchen Fällen, wo es erwünscht ist, einzelne Arbeitsmaschinen mit besonderen Dampfmaschinen zu kuppeln, um deren Betrieb von einer Transmission unabhängig zu machen und die Unterbringung einer Dampfmaschine mit Schubstange schwierig oder unmöglich wird. Als Beispiele solcher Kuppelungen sind zu nennen die sog. Dampfscheren, Kattun- und Tapetendruckwalzen, Aufzüge, Werkzeugmaschinen etc.

Die Schwingungsachse dieser Maschinen geht entweder durch die Mitte des Cylinders oder liegt am äusseren Ende desselben. Im letzteren Fall schliesst der Cylinder mit einer Halbkugel oder einem Halbcylinder ab, die den Drehzapfen bilden und von entsprechenden Schalen eingeschlossen sind. Der Zapfen enthält auf die Oberfläche austretende Dampfein- und Austrittskanäle, welche wie bei dem Drehschieber (S. 531) mit Kanälen in den Schalen so korrespondiren, dass durch die Schwingung des Cylinders die regelmässige Dampfverteilung vor sich geht. Die rasche Abnutzung dieser sich reibenden Flächen mit dem damit verbundenen mangelhaften Dichthalten hat eine Verbreitung dieses Systemes verhindert, so dass schwingende Dampfmaschinen fast immer nach dem anderen durch Fig. 482 vor Augen geführten Systeme gebaut werden.

Der Dampfcylinder C ruht mit zwei Seitenzapfen a und e in Lagern des Gestells G G. Die Kolbenstange d ist direkt an die Kurbel k ange-

hängt und setzt die Kurbelwelle mit Schwungrad S in Bewegung, während der Cylinder um diese Zapfen in dem durch zwei punktirte Linien 1, 2 angegebenen Bogen schwingt. Die Dampfverteilung erfolgt mittels eines einfachen Schiebers s in dem Schieberkasten c. Zu dem Zwecke sind die zwei Zapfen a und e rohrartig hohl und an die Dampfleitung durch Röhren angeschlossen, die als Stopfbüchsen b, b auslaufen, und zwar steht a mit

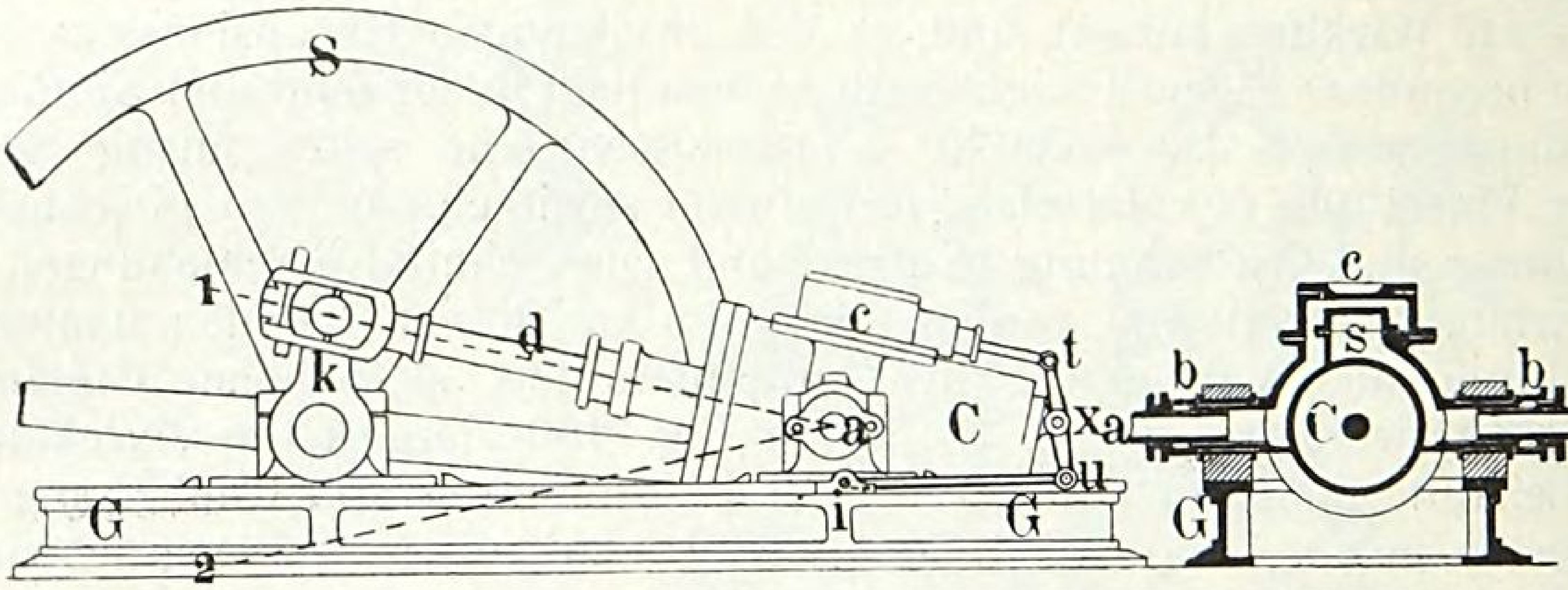


Fig. 482.

der Zuleitung und e mit der Fortleitung in Verbindung. Der frische Dampf strömt von a durch einen Kanal in der Cylinderwand zum Schieberkasten, während der Abdampf durch einen ähnlichen Kanal in das Ableitungsrohr e gelangt. Ausserordentlich einfach gestalten sich die Steuerungsteile; indem die Schieberstange bei t an dem um die Achse x drehbaren Hebel t u angreift, der eine Lenkstange u i aufnimmt, die einen festen Drehpunkt i an dem Gestelle G hat. Indem nun der Drehpunkt x des Hebels t u an dem Cylinder festsitzt und daher mit diesem schwingt, so muss der Hebel t u ebenfalls eine schwingende Bewegung ausführen und auf den Schieber übertragen.

II. Kesseldampfmaschinen.

Die Kesseldampfmaschinen zeichnen sich dadurch aus, dass sie ihre Aufstellung unmittelbar an den Kesselkörpern oder Rahmen finden, welche den Kessel tragen und zwar ausschliesslich an Kesseln, die nicht eingemauert werden. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die ganze Anlage jederzeit von einem Orte zum anderen zu versetzen, wodurch die Dampfmaschinen dieser Gruppe — oder richtiger diese Dampfmaschinenanlagen den Namen transportable oder versetzbare Dampfmaschinen erhalten haben, auch in den Fällen wo ein Platzwechsel nicht beabsichtigt wird, sondern nur die Kesseleinmauerung umgangen werden soll.

Eine besondere Klasse der Kesseldampfmaschinen bilden diejenigen, welche ihrer Bestimmung gemäss zu jeder beliebigen Zeit ohne Umstände von einem Orte zu einem andern verbracht werden müssen und daher mittels eines Räderfahrgestells fahrbar angeordnet sind. Diese Klasse führt den Namen Lokomobilen. Der Transport derselben erfolgt in der Regel durch Zugthiere, in einigen seltenen Fällen mit Hilfe der Dampfmaschinen selbst (Strassendampfwagen). — Die Lokomobilen finden die ausgedehnteste Verwendung in den landwirtschaftlichen Betrieben (bei Dresch-

maschinen, sog. Dampfpflügen, Entwässerungsmaschinen etc.) in der Forstwirtschaft (zum Betriebe von Sägen und anderen Holzbearbeitungsmaschinen), bei Bauten (zum Betriebe von Pumpen, Aufzügen etc.), an Ladeplätzen u. s. w.

Die Kesseldampfmaschinen ohne Fahrgestell finden in der Regel eine dauernde Aufstellung und namentlich da Verwendung, wo keine sehr grosse Kraft (etwa bis 15 *PS*) aber die einfachste Anlage beansprucht wird, demnach hauptsächlich als Kleinkraftmaschine. In neuester Zeit sind sie jedoch auch namentlich zum Zwecke der elektrischen Lichterzeugung und Kraftübertragung in sehr bedeutenden Grössen (bis 150 *PS.*) zur Ausführung gelangt.

Den Anforderungen an grösste Einfachheit entsprechend bilden bei Kesseldampfmaschinen kleiner Gattung Eincylindermaschinen mit Schiebersteuerung die Regel; bei grösseren werden dahingegen Zweicylinder-Verbundmaschinen ebenfalls mit Schiebersteuerung (namentlich mit Expansionsschiebern nach dem System Meier u. Rider) vorgezogen. — Die Aufstellung ist stehend oder liegend, im ersten Fall stets am zweckmässigsten nach Art der Hammermaschine (S. 502) mit unten liegender Kurbelwelle, selten umgekehrt mit der Kurbelwelle und Schwungrad oben, weil diese Anordnung weniger standfest ist.

Eine sehr bewährte liegende Kesseldampfmaschinenanordnung (Lanz) geht aus Fig. 483 hervor. Die eincylindrige Dampfmaschine ist auf dem Kessel angebracht und zwar liegt der Dampfcylinder in dem Dampfdome mit diesem ein Stück bildend, das auf dem Kessel und mittels einer Tragplatte mit dem Lagerbock zur Lagerung der Kurbelwelle mit Schwung-

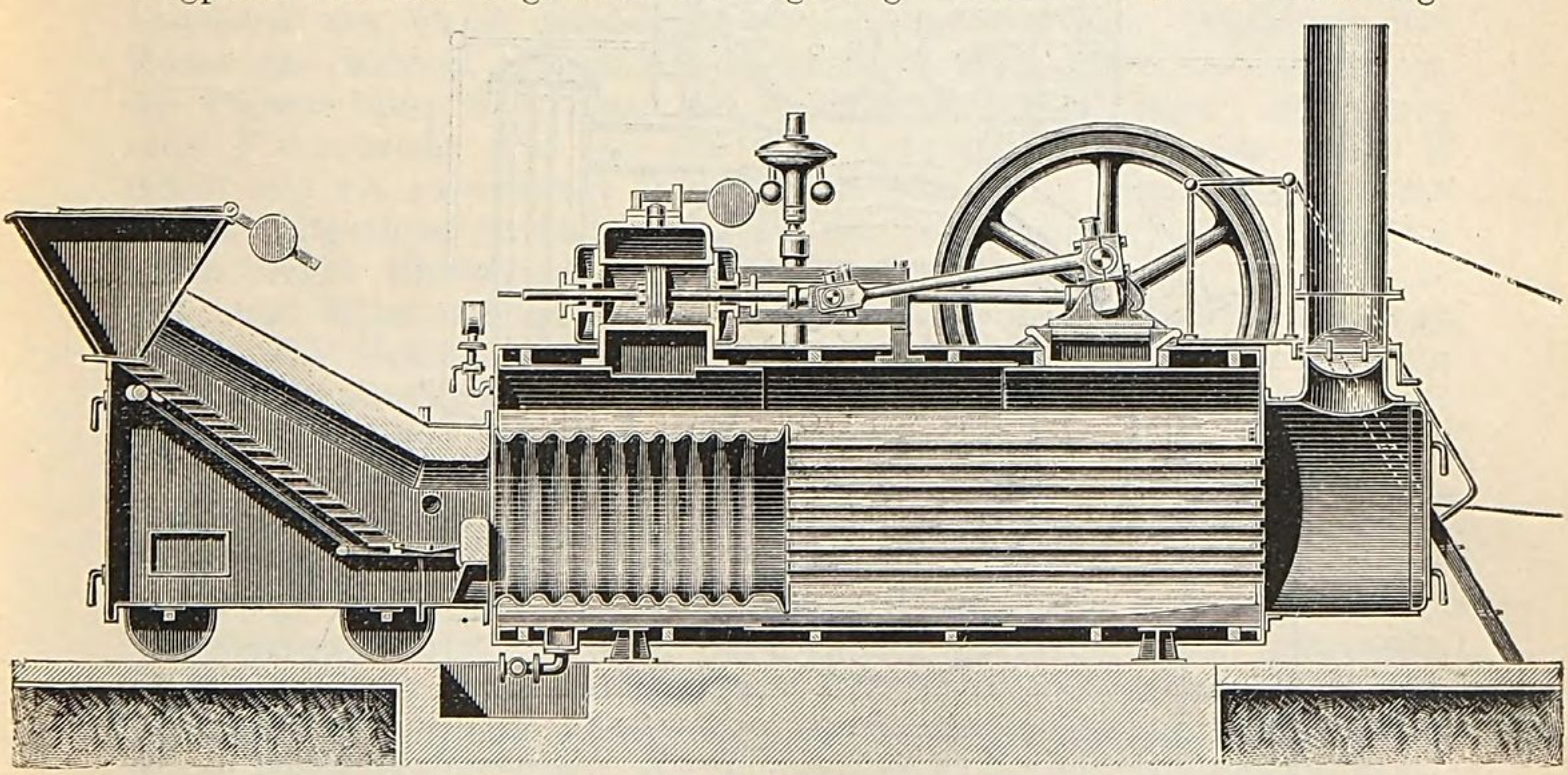


Fig. 483.

rad befestigt ist. Diese Lage schützt den Cylinder vor Abkühlung und ersetzt mit grossem Vorteil ein Dampfhemd. Gesteuert wird die Maschine durch einen Schieber, der seinen Antrieb von einem Exzenter der Kurbelwelle erhält.

Der ausziehbare Kessel gehört zu der Gattung der Heizröhrenkessel (S. 409) und besteht aus einem grossen Verbrennungsraum in der Gestalt

eines Wellrohres, an den sich ein Röhrenbündel mit Rauchkammer anschliesst, auf der sich ein Kamin mit Regulirklappe erhebt. Der eigentliche Herd befindet sich als besonderes Stück vor dem Kessel und ist zum Zwecke einer leichten Entfernung auf Rollen gesetzt. Wie die Figur erkennen lässt, dient als Rost ein Schrägrost mit kurzem Planrost nach Art der Anlage Fig. 324 S. 304, untergebracht in einem gusseisernen Kasten, während der Feuerraum über diesem Roste mit feuerfesten Steinen ausgekleidet ist. Zugängig ist der Herd zum Reinigen durch eine Klappe unterhalb der Feuerbrücke, sowie dadurch, dass der Planrost seitwärts aus dem Herd herausgezogen werden kann. Der vordere Teil des Rostgehäuses findet seinen Abschluss durch eine Thür, der obere Teil durch einen grossen Aufgebetrichter. Als Brennmaterial ist hier Holzabfall namentlich Sägemehl in Aussicht genommen, das erfahrungsmässig auf diesem Roste zur Dampfentwicklung ausreicht. Da sich jedoch diese Feuerungsanlage nur für geringwertiges Brennmaterial eignet, so ist dieselbe für Steinkohle, Koks etc. auszuwechseln. Zwei seitwärts angebrachte Luftschieber und eine Drehklappe im Kamin dienen zur Regelung der Verbrennungsluft.

Zur Erläuterung einer liegenden Kesselverbunddampfmaschine neuester Konstruktion mag die im Querschnitte durch Fig. 484 gezeichnete (Lanz) dienen. Der ausziehbare Röhrenkessel K K ruht mittels freier

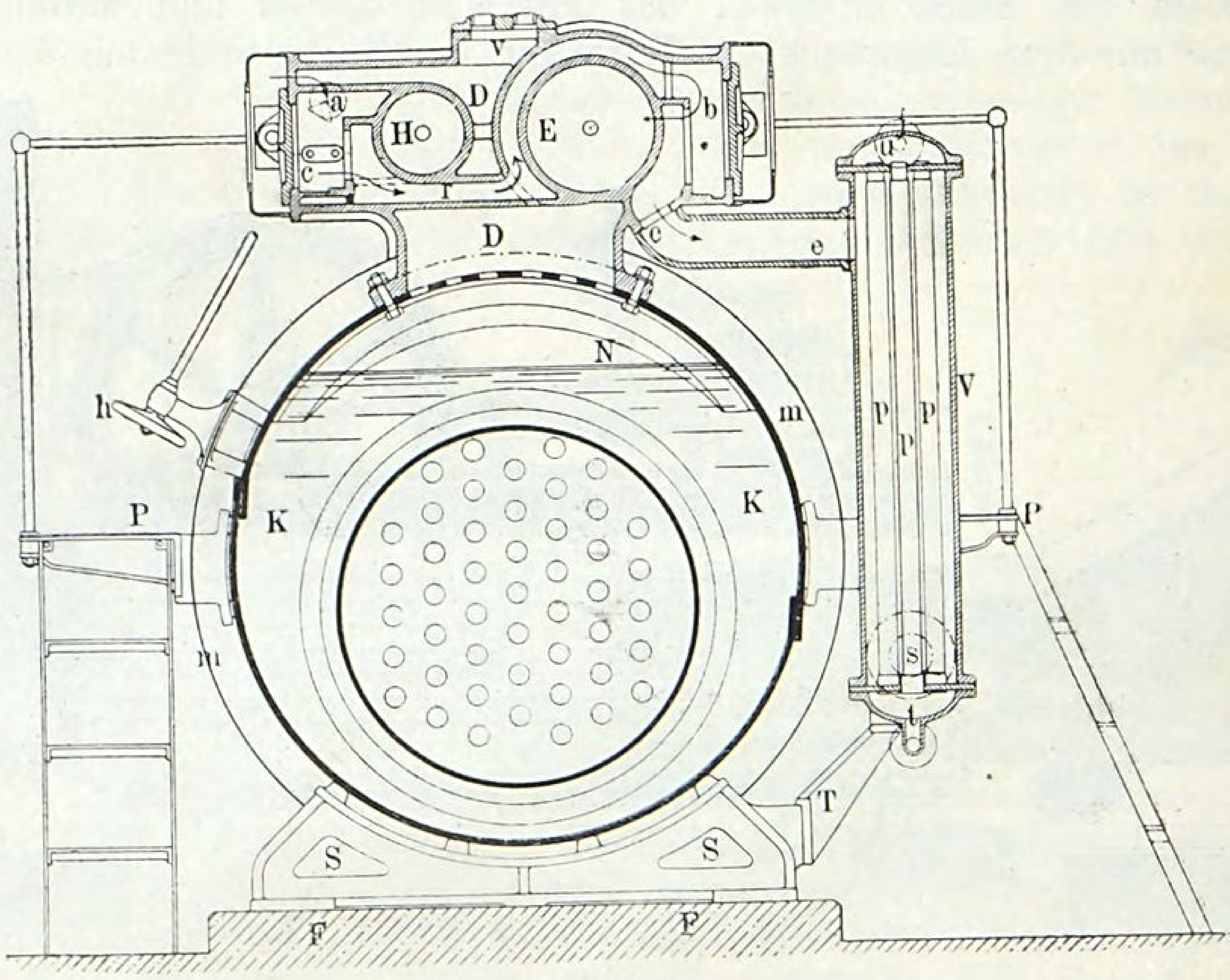


Fig. 484.

Stühle S S auf einem gemauerten Fundament F F, ist mit einem Schutzmantel m m umgeben und an beiden Seiten mit Plattformen P, P, sowie Treppen und Geländern versehen, um alle Teile leicht zugängig zu machen. Der obere Teil des Kessels ist durchbrochen, so dass der Dampfraum des Kessels seine Fortsetzung findet in dem Dampfraum D D, einem eigentümlich

geformten Dome, in dessen Innerem die Dampfmaschinencylinder mit den Steuerorganen untergebracht sind. Man erkennt in H den Hochdruck-, in E den Expansionscylinder. Der Dampfeintritt erfolgt durch die Öffnung a mit Regulirhahn am Handrad h in die Dampfkammer und von hier in den Hochdruckcylinder. Aus diesem gelangt der Dampf in den Receiver r, umströmt den Niederdruckcylinder E, übt in diesem seine Wirkung aus und tritt durch den Kanal e e in den Röhrenvorwärmer V, den er durch das Rohr u verlässt. Die genannte Anordnung bietet zunächst den besonderen Vorteil der damit verbunden ist, dass die Cylinder mit dem inneren Steuerapparate und dem Receiver in einem Raume liegen, der mit frischem Kesseldampf angefüllt ist, wodurch zugleich eine passende Gelegenheit geschaffen wird, durch Benutzung des Dampfhemdes des Expansionscylinders E den Receiverraum ohne erhebliche Raumvermehrung der Maschine entsprechend zu vergrössern. Ausserdem ist der ganze Dom von einem Wärmeschutzmantel umgeben. Der von dem Gusseisenstücke T getragene und an den Dom angeschlossene Vorwärmer V gehört zu der Gattung der Oberflächenvorwärmer (S. 346). Der bei e eintretende Dampf umspült die Röhren p p und zieht durch den Austritt bei u ab, während das Speisewasser von der Speisepumpe angesogen durch das Rohr s in die Röhren p p und bedeutend vorgewärmt durch das Rohr t zum Kessel gepumpt wird.

Als eine recht brauchbare Dampfmaschine für kleine Betriebe kann die in den Fig. 485 und 486 abgebildete (Hoffmeister) gelten. Auf einem gusseisernen, ausgemauerten Ofen A ruht zunächst der Dampferzeuger bestehend aus einem flachen Blechkasten B und einer Anzahl an den Boden des letzteren angehängter Röhren r r, die in dem Feuerraume F von der Flamme umspült werden, die in dem Herde H entsteht, den Feuerraum F durchzieht und aus der Esse E entweicht. Auf dem Kessel B erhebt sich ein gusseiserner Dom D, der über einer grossen Öffnung des Kessels aufgenietet ist und im Innern den Dampfcylinder C trägt, der mit einem breiten Flansch auf den Rand des Domes gelegt und befestigt ist und somit vollständig im Kesseldampf liegt. Auf dem Cylinderflansch steht sodann das Hohlgussgestell G, das im Innern die Führungen für den Kreuzkopf, oben die Lager l l für die Kurbelwelle w mit Schwungrad S und an den Seiten Thüren g g besitzt.

Zur Steuerung dient ein gewöhnlicher Muschelschieber in einem Schieberkasten, dem der Dampf durch den Kanal i zugeht und zwar durch einen Regulirhahn c, der zugleich Absperrhahn ist und während des Ganges in erkennbarer Weise von dem Regulator R eingestellt wird, so dass die Gangregelung mittels Drosseln des Dampfes stattfindet. Der gebrauchte Dampf entweicht durch das Rohr a in den Oberflächenkondensator K, der aus einem cylindrischen Blechgefässe besteht, durch das eine entsprechende Menge kaltes Wasser fliesst und in dem ein doppelwandiger Blechcylinder e e angebracht ist, zwischen dessen Wänden sich der Dampf wieder zu Wasser verdichtet. Vermittelst der auf dem Cylinder stehenden durch die Exzenterstange t angetriebenen Pumpe gelangt das kondensirte Wasser durch das Rohr n unausgesetzt zum Dampferzeuger zurück.

Nebst den vorschriftsmässigen Ausrüstungsteilen (Wasserstand, Manometer, Sicherheitsventil etc.) ist der Dampferzeuger noch mit einer Vorrichtung ausgestattet, welche eine selbstthätige Regulirung des Feuers

bezweckt. Dieselbe geht von einer gewellten Platte in dem Gehäuse o aus, gegen die der Kesseldampf drückt, so dass ein in der Mitte der Platte sitzender Stift je nach der Dampfspannung mehr oder weniger vorgeschoben wird. Dieser Stift wirkt mittels eines Hebels u derart auf die um das Scharnier x drehbare Feuerthür y, dass letztere geöffnet wird, wenn die

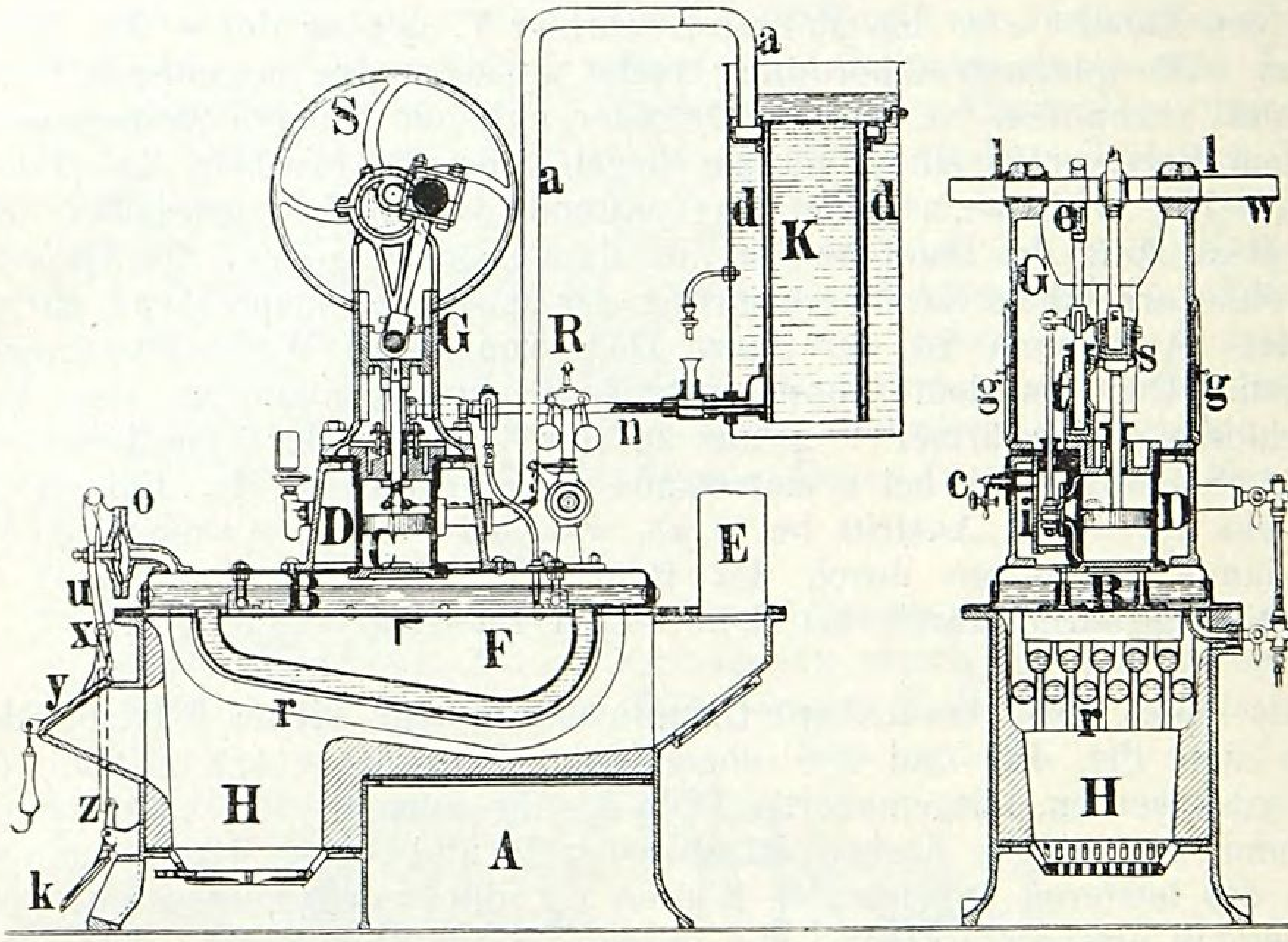


Fig. 485 und 486.

Spannung eine gewisse Grenze überschreitet. Dabei nimmt ausserdem ein an der Thür y sitzender Stift die gleichfalls um x schwingende Stange z mit und veranlasst den Schluss der Zugklappe k. Demnach erfolgt gleichzeitig unten Abschluss der Luftzufuhr und oben Zutritt von kalter Luft in grosser Menge, also Hemmung der Verbrennung und damit der Dampfbildung.

Die im Längsschnitte durch Fig. 487 veranschaulichte Lokomobile (W o l f) kann als Muster einer eincylindrigen, liegenden Anlage gelten. — Der ausziehbare Kessel stimmt wesentlich mit dem S. 412 Fig. 371 beschriebenen überein und besteht aus der Feuerkiste A, den Feuerröhren R, der Rauchkiste F und dem niederlegbaren Kamin E mit Funkenfänger. Getragen wird derselbe von angenieteten Pratzen r die sich auf Querträger (S t ü h l e) aufsetzen, an welchen die Achsen zur Aufnahme der Fahrräder T, T angebracht sind. Die unter der Rauchkammer F liegende Vorderachse ist um einen vertikalen Bolzen drehbar, der unten von der mit der Hinterachse verbundenen Zugstange z gehalten wird. Zwei an der Vorderachse sitzende Schienen p dienen zur Aufnahme der D e i c h s e l, die an einem horizontalen Bolzen angreift, so dass die Deichsel sich vertikal drehen kann, während die Vorderachse zum Zwecke des Lenkens einer horizontalen Drehung der Deichsel folgen muss.

Der Dampfcylinder C ist in einem auf den Kessel aufgenieteten Dampfdome D untergebracht, der mit dem Cylinder und der Dampfkammer ein Gusstück bildet. Der Lagerbock B für die Kurbelwelle ist ebenfalls auf denselben angenietet und mittels einer Zwischenplatte y in fester Verbindung mit dem Dome, wobei die genannte Zwischenplatte zugleich zur Aufnahme der Kreuzkopfführungen k benutzt wird.

Der Dampfeintritt in die Dampfkammer erfolgt durch ein kurzes Rohr, in dem eine Drosselklappe von dem Regulator H (S. 256 Fig. 302) aus den Dampfeintritt regelt. Zur Steuerung ist die Schiebersteuerung gewählt,

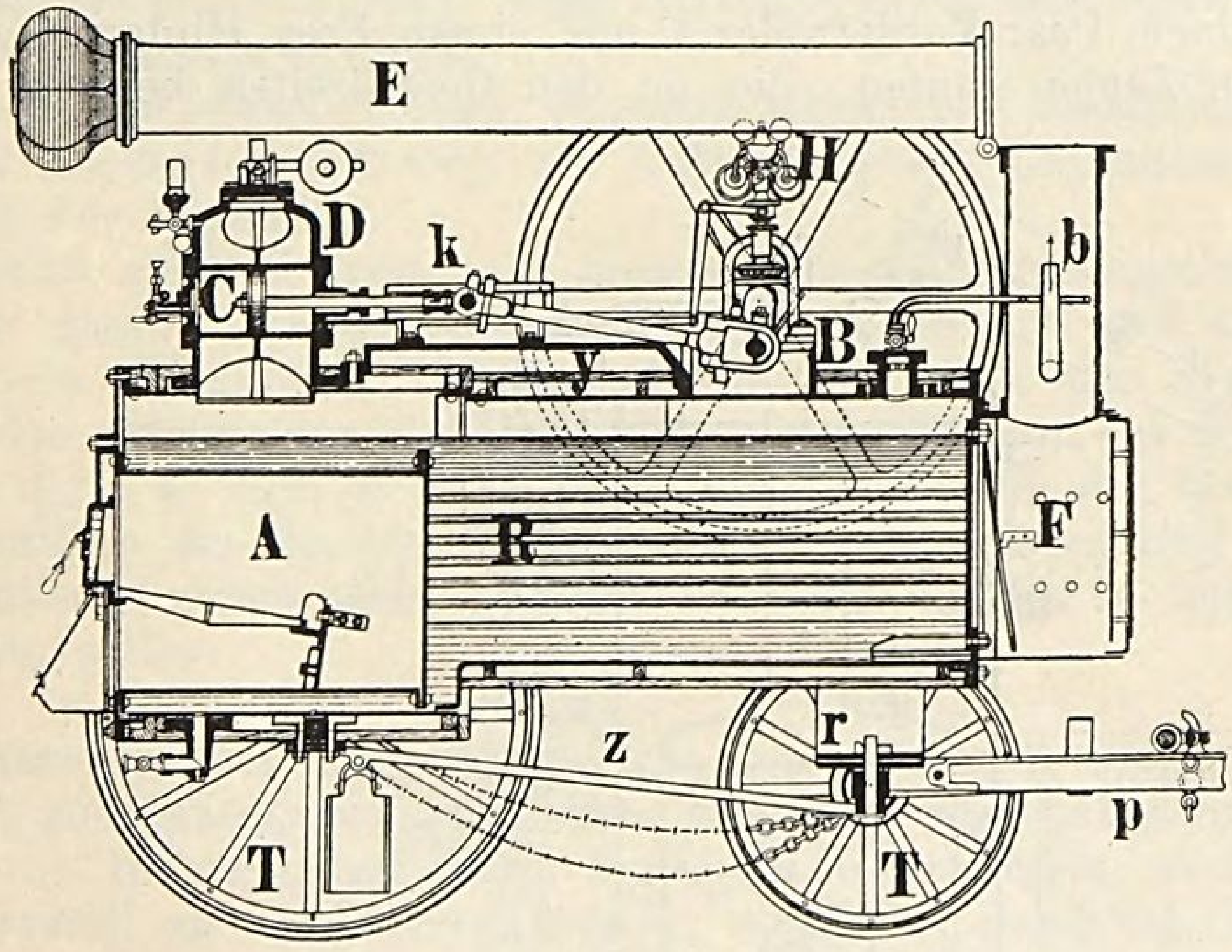


Fig. 487.

die direkt von einem auf der Kurbelwelle befestigten Kreisexzenter bethätigt wird. — Der gebrauchte Dampf tritt zur Zugerzeugung durch das Blasrohr b in den Kamin. Ausser vorschriftmässiger Armatur befindet sich an einer Seite des Kessels eine Speisepumpe, die ihren Antrieb direkt von dem Steuerexzenter erhält. Statt der Speisepumpe ist vielfach auch ein Speiseinjektor, ausserdem aber noch eine Handspeisepumpe vorhanden.

Bemerkenswert ist die Lage des Cylinders in dem Dome, wodurch eine Abkühlung desselben vermieden wird.

Grössere Lokomobilen dieser Art kommen als Verbundmaschinen mit Ridersteuerung zur Ausführung, deren Receiver ebenfalls unter den beiden parallel liegenden Cylindern im Dome liegen. — Die Spannung des Kesseldampfes beträgt durchschnittlich 6 bis 7 mitunter 8 Atmosphären.

Zur Erklärung der Anordnung stehender Lokomobilen mag die im Längsschnitte (Fig. 488) vor Augen geführte durch Einfachheit und Zweckmässigkeit bemerkenswerte Lokomobile (Lanz) genügen. Der Kessel K besitzt nach Art des S. 409 Fig. 369 erklärten Innenfeuerung F mit gewöhnlichem Roste R, Aschenfall A und kegelförmigen Wasserröhren w zur Erzeugung einer Wasserzirkulation und Vermehrung der Heizfläche. Die Esse E E besteht aus einem durch den Dampfraum D gehenden und einem

mit Funkenfänger ausgestatteten umlegbaren Teil E E, in welchen das Blasrohr e, e mündet, durch das zum Zwecke der Zugerzeugung der Abdampf vermittelst des Rohres e e ausströmt. Ausserdem besitzt der Kessel ein Mannloch bei m, eine Feuerthür t und einen Schmelzpfropfen p.

Die einfache Dampfmaschine mit Dampfcylinder C, Balken B und Lager L mit Führung f ist mittels einer Platte T durch Schrauben unmittelbar mit dem Kessel verbunden, dem der Dampf durch das Dampfzuleitungsrohr a entnommen wird. Zur Steuerung dient ein Schieber mit einstellbarer Expansion.

Kessel mit Maschine ruhen auf einem eisernen lafettenartigen Gestelle G G mit einem Paar Vorderräder V und einem Paar Hinterräder H, welche letztere auf Zapfen laufen, die an den Gestellseiten befestigt sind. Die

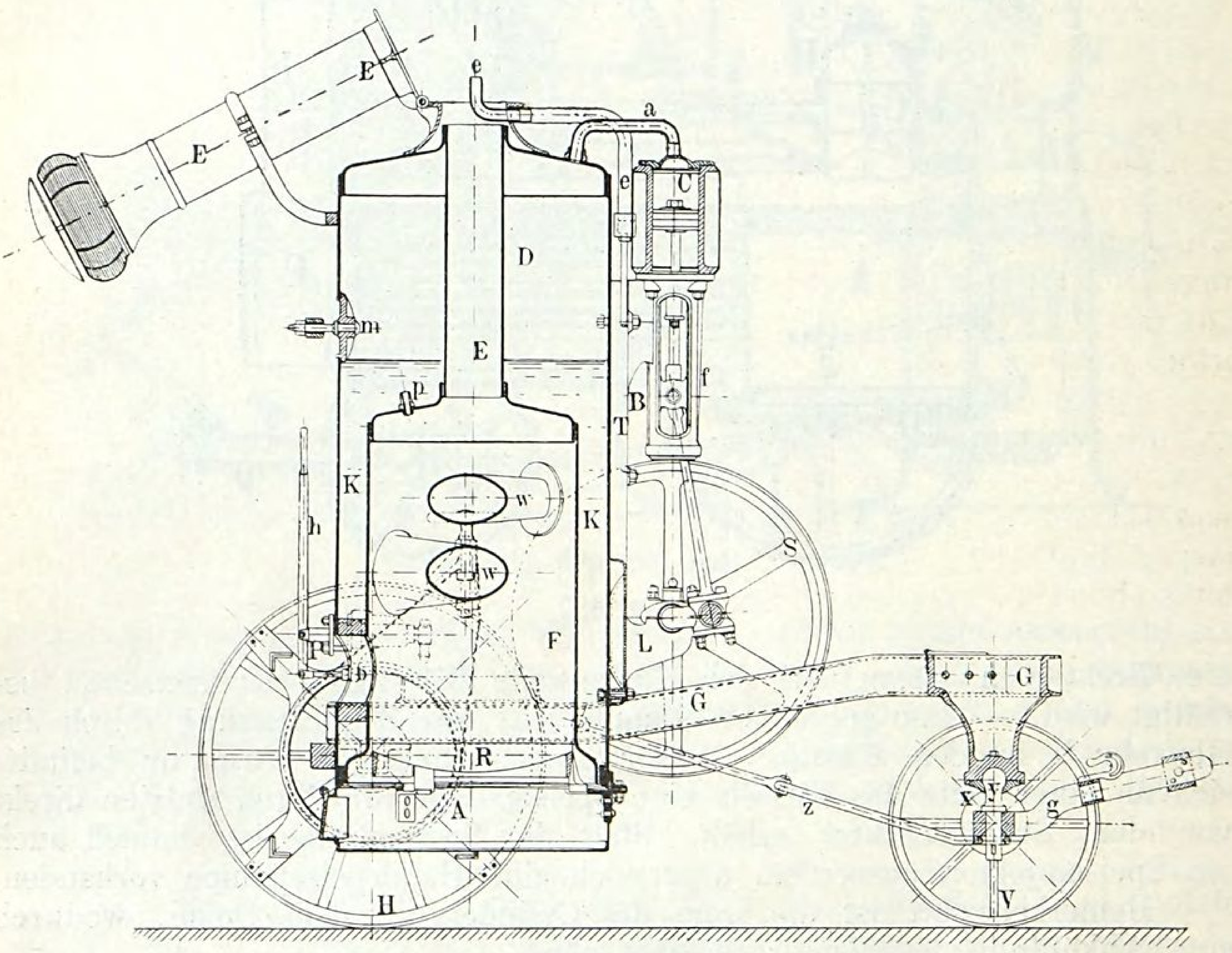


Fig. 488.

Vorderräder sitzen dahingegen auf einer Achse x, die in der Mitte die Deichselgabel g aufnimmt und um den vertikalen Bolzen y drehbar ist, welcher mit einem Kugelkopf in dem vordern Gestellteil sitzt und vermittelst der unten angreifenden Zugstange z eine weitere Verbindung mit dem Gestelle erhält, wodurch nebst zuverlässiger Befestigung eine grosse Lenkbarkeit erreicht wird.

Die Entnahme der Kraft erfolgt durch Riemen vom Schwungrad S, welches als Riemenscheibe ausgebildet ist.

Zur Speisung des Kessels mit Wasser ist eine Handpumpe vorhanden, welche in Thätigkeit gesetzt wird, wenn die Maschine nicht in Betrieb ist

und zwar durch den Handhebel h; ausserdem wird die Speisung während des Betriebes von einer zweiten Pumpe bewerkstelligt, die ihren Antrieb von einem Exzenter der Kurbelwelle erhält.

Fünftes Kapitel.

Dampfmaschinenanlagen.

Eine vollständige Dampfmaschinenanlage besteht aus vier Hauptteilen:

1. dem Dampferzeuger oder Dampfkessel mit Zubehör;
2. der Dampfmaschine;
3. der Dampfzuleitung zwischen Kessel und Dampfmaschine;
4. der Dampfableitung zur Entfernung des gebrauchten Dampfes aus der Maschine.

Ausserdem gehören dazu noch mehrere Vorrichtungen, welche für den Betrieb der ganzen Anlage unentbehrlich sind und in der Regel damit unmittelbar in Verbindung stehen z. B. zum Speisen der Kessel, zum Schmieren der aufeinander gleitenden Teile, zum Ablassen des kondensirten Wassers u. dgl., so dass je nach Wahl der Kessel und der Maschine mit ihren Nebenteilen die Dampfmaschinenanlagen sehr mannigfaltig ausfallen. Für alle Anlagen gelten aber gewisse Grundregeln, die in folgendem erörtert werden sollen.

Die Entnahme des Dampfes aus den Dampfkesseln erfolgt nach den S. 355 u. f. zusammengestellten Regeln mit Hilfe eines Absperrventils aus dem Dome. — In einzelnen Fällen z. B. bei Lokomobilen wird mitunter das Absperrventil am Kessel fortgelassen, wenn das Dampfregulirventil an der Cylinderdampfkammer für genügend gilt.

Zur Zuführung des Dampfes zum Dampfcylinder dient eine Röhrenleitung, nur bei einzelnen Anordnungen ist die Leitung entbehrlich nämlich dann, wenn der Dampfcylinder selbst im Dampfraume des Kessels liegt oder so nahe am Kessel angebracht wird, dass die Dampfkammer unmittelbar nur mittels eines Stutzens dem Kessel den Dampf entnimmt.

Die Anlage der Dampfleitung ist derart zu treffen, dass dieselbe zur Vermeidung von Dampfspannungsverlust, nicht nur so kurz wie möglich, sondern auch mit Umgehung zahlreicher Krümmungen und Querschnittsänderungen der Dampfröhren durchgeführt werden kann. Die Dampfröhren selbst sind durch Wärmeschutzmassen (S. 93) gegen Abkühlung zu sichern, wenn erforderlich mit Ausgleichern (S. 84) zu versehen und mit Dampfwasserableitern (S. 143 u. f.) auszustatten. Vor Allem sind auch die Querschnitte der Röhren richtig zu wählen, da mit der Zunahme derselben die Abkühlung wächst, während die Abnahme eine Vermehrung der Dampfgeschwindigkeit zur Folge hat. Weil aus verschiedenen Gründen die Geschwindigkeit des Dampfes $c = 30\ m$ zu Grunde zu legen ist, so folgt daraus, dass der lichte Röhrenquerschnitt gleich dem Querschnitte des Dampfeinströmungskanales am Dampfcylinder zu machen ist, wenn der Dampf mit der genannten Geschwindigkeit die Leitung durchströmen soll (S. 513).

Die Dampfzuleitung findet ihr Ende entweder direkt an der Dampfkammer oder an einem Flansch, der zunächst den Eintritt des Dampfes in das Dampfhemd (S. 508) veranlasst. Unter allen Umständen ist dieser Übergang durch ein Absperrventil zu vermitteln, das gewöhnlich die S. 111 Fig. 158 beschriebene Form hat und nicht nur allgemein zur Herstellung oder Aufhebung des Dampfeinlasses sondern auch zur Regelung bestimmt ist, soweit diese allgemein in Betracht kommt. Eine Regelung der Dampfzuströmung nach dem Gang der Maschine dahingegen erfolgt mit Hilfe der Regulatoren, die auf besondere Absperrorgane einwirken. Dazu gehört die früher ganz allgemein angebrachte Drosselklappe (S. 100). Mit Rücksicht jedoch auf den Umstand, dass jede Rohrverengung eine Expansion des Dampfes in der Rohrfortsetzung und damit eine Spannungsverminderung hervorbringt, ist die Anwendung der Drosselklappe als unvorteilhaft für die Dampfwirkung aufgegeben und die genannte Regulirung mit Hilfe der veränderlichen Expansion eingerichtet, die vom Regulator ausgeht.

Zur Abführung des aus der Dampfmaschine entlassenen Dampfes dient die Dampfableitung, welche den Dampf entweder ohne weiteres ins Freie oder in den Kondensator leitet oder zur weiteren Abgabe der Wärme an Heizkörper, an Wärmeanlagen (S. 440) eingerichtet wird. Bei der Wahl dieser Leitung ist vor Allem darauf zu sehen, dass darin keine Widerstände auftreten, welche in dem Dampfmaschinencylinder einen Gegendruck auf den Kolben hervorrufen und damit den Wirkungsgrad beeinträchtigen. Deswegen wird z. B. der freie Querschnitt des Ableitungsrohres für eine Dampfgeschwindigkeit von etwa 25 *m* oder um etwa $^1/_4$ grösser als derjenige der Zuleitung genommen und die Länge auf das geringste Maass beschränkt. Namentlich ist die Benutzung des ausströmenden Dampfes zur Zugerzeugung oder in Wärmeanlagen in der Regel mit einem unverhältnissmässig grossen Arbeitsverluste verbunden, so dass gewöhnlich diese Art der Wärmeausnutzung sich nur zu Ungunsten des allgemeinen Effekts anwenden lässt.

Die Grundlage jeder Dampfmaschinenanlage bildet naturgemäss die von der Dampfmaschine zu leistende Arbeit, weil davon nicht nur die Abmessungen der Dampfmaschine selbst, sondern auch der Dampfverbrauch und somit die Grösse der Dampferzeuger, als auch diejenige der Nebenteile (Kondensator, Pumpen, Leitungen etc.) abhängt.

Bezeichnet man zur Bestimmung dieses Arbeitsvermögens mit

D den Cylinderdurchmesser in *cm*,

$F = \frac{D^2 \pi}{4}$ also die Kolbenoberfläche in *qcm*,

c die Kolbengeschwindigkeit in *m* pro Sekunde,

u die Zahl der Kurbelwellenumdrehungen pro Minute also der Doppelhübe,

p den mittleren Dampfüberdruck in *kg* auf 1 *qcm*,

P den Gesammtdruck auf die Kolbenfläche,

l die Hublänge in *cm*,

N die Pferdestärken (S. 475),

so finden folgende Beziehungen statt:

$$P = p F \text{ und } c = \frac{2 l u}{60} = \frac{l u}{30}$$

$$\text{also } P c = P \frac{l u}{30} \text{ und } N = \frac{P l u}{30 \cdot 75} = P \frac{c}{75}$$

Die Leistungsfähigkeit einer Dampfmaschine ist also proportional dem Kolbenflächendrucke und der Kolbengeschwindigkeit. Da der Kolbenflächendruck, zusammengesetzt aus p und F, vom Dampfdrucke abhängt und dieser verhältnissmässig beschränkt ist, so liegt es nahe, die Kolbengeschwindigkeit möglichst gross zu machen, um unter denselben Umständen die Leistungsfähigkeit zu steigern.

Bei der Wahl der Kolbengeschwindigkeit ist zunächst die Anzahl der Umdrehungen zu berücksichtigen, welche die Kurbelwelle machen soll, indem ja bei gleicher Umdrehzahl diese Geschwindigkeit um so grösser ausfällt, je grösser der Kolbenhub also der Kurbeldurchmesser sein muss, während andererseits bei gleicher Hublänge die Geschwindigkeit des Kolbens mit der Zunahme der Umdrehzahl wächst.

Da ferner, günstiger Abkühlungsverhältnisse wegen, in der Regel die Hublänge l gleich dem doppelten Cylinderdurchmesser also $l = 2 D$ gemacht wird, so folgt aus diesen Beziehungen allgemein, dass Dampfmaschinen von grösserer Leistungsfähigkeit auch grössere Kolbengeschwindigkeiten erhalten.

Grosse Kolbengeschwindigkeiten haben zur Folge, dass die von dem Kolben in Bewegung gesetzten Massen ebenfalls grosse Geschwindigkeiten annehmen und dadurch, namentlich wenn sie Bewegungsrichtungsänderungen erfahren, den Gleichgang der Maschine beeinträchtigen, Stösse hervorbringen und Betriebsstörungen veranlassen. Aus dem Grunde pflegt man gewöhnlich nicht über eine Geschwindigkeit von 2 *m* in der Sekunde hinauszugehen, obwohl demgegenüber Geschwindigkeiten bis 4 *m* häufig vorkommen, während solche von 5 bis 6 *m* wohl als die äusserste Grenze zu gelten haben.

Folgende Tabellen enthalten passende Kolbengeschwindigkeiten für Maschinen von bestimmter Leistungsfähigkeit.

I. Kurbelmaschinen ohne Kondensator:

N =	2	4	8	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200
c =	1,03	1,11	1,2	1,26	1,30	1,36	1,4	1,45	1,52	1,63	1,68	1,71	1,79	1,86	1,94	2,06

II. Kurbelmaschinen mit Kondensator:

N =	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	150	200
c =	1,24	1,28	1,31	1,35	1,38	1,43	1,45	1,52	1,58	1,64	1,69	1,75	1,85

Die erste Tabelle entspricht der Geschwindigkeitsformel

$$c = 0{,}75 \, (1 + 0{,}3 \sqrt[3]{N})$$

Die zweite Tabelle entspricht der Geschwindigkeitsformel

$$c = 0{,}85 \, (1 + 0{,}2 \sqrt[3]{N})$$

Ausgedehnte Untersuchungen (Radinger) haben ferner ergeben, dass auch zwischen dem Expansionsverhältnisse (S. 493) Kolbengeschwindigkeit

und ruhigem Gang der Maschine Beziehungen bestehen, indem einen ruhigen Gang geben:

1. Langsam gehende Kolben (1 *m* in der Sek.) und geringe Expansion;
2. Mittelschnell (bis 2 *m*) gehende Kolben und mittlere Expansion;
3. Schnell (4—6 *m*) gehende Kolben und hohe Expansion;

während ein unruhiger Gang erfolgt bei:

4. Langsam gehenden Kolben und hoher Expansion, sowie
5. Schnell gehenden Kolben und geringer Expansion.

Desgleichen ist der Nachweis erbracht, dass bei guter Verteilung der bewegten Massen zugleich mit Rücksicht auf Dampfdruck und Füllungsgrad sich sehr wohl grosse Geschwindigkeiten mit ruhigem Gang der Maschine unter Vermehrung des Nutzeffektes vereinigen lassen. Aus diesen Erwägungen erklärt sich die Thatsache, dass neuerdings die Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit unausgesetzt an Verbreitung gewinnen.

Bei einzelnen Anwendungsformen der Dampfmaschinen ist es erwünscht, die letzteren mit einer sehr bedeutenden Anzahl von Wellenumdrehungen auszustatten, um störende und unvorteilhafte Übersetzungen zu vermeiden. Dazu gehören u. A. die Dampfmaschinen zum Betriebe von Dynamomaschinen, da man zur Umgehung jeder Transmission sehr oft die Welle (A B Fig. 268 S. 222) der letzteren unmittelbar an die Dampfmaschinenwelle ankuppelt. Man nennt solche Dampfmaschinen Schnelläufer und wendet sie mit 300 bis 600 in einzelnen Fällen selbst mit 1000 Umdrehungen in der Minute an.

Damit bei den Schnelläufern die oben erwähnte Grenze der Kolbengeschwindigkeit nicht überschritten wird, giebt man ihnen einen kurzen Hub, indem man ein anderes Verhältnis zwischen Durchmesser D und Hublänge l, sehr häufig z. B. l = D wählt. Zur Erzielung eines stossfreien Ganges sucht man den zweimaligen Druckwechsel während einer Kurbeldrehung dadurch zu umgehen, dass man zu den einfach wirkenden Dampfmaschinen zurückkehrt, in welchen der Dampf nur auf eine Kolbenseite drückt. Weil hierbei zugleich die eine Cylinderseite offen bleiben und die Lenkstange unmittelbar am Kolben angreifen kann, wird die Baulänge verkürzt und die bewegte Masse vermindert. Für sehr geringe Leistungen beschränkt man sich auf einen Cylinder; vorteilhafter für den Gleichgang ist die Anwendung von zwei Cylindern oder zwei mal zwei Cylindern die, um 180° beziehungsweise um 90° verstellt, an einer Kurbel angreifen.

Unter Zugrundelegung des S. 479 entwickelten Satzes von der Aequivalenz zwischen Wärme und mechanischer Arbeit, wonach 1 *WE* einer Arbeit von 424 *mkg* entspricht, lässt sich leicht die Beziehung feststellen, welche zwischen der Leistung der Dampfmaschine und dem dieser Leistung gleichwertigen Wärmeaufwand beziehungsweise Brennstoffaufwand besteht, und daraus sich der kalorische oder thermische Effekt bestimmen.

Unter der Annahme, dass 1 *kg* Steinkohle 7000 *WE* zu geben vermag und zu dem Zwecke in einer Stunde verbrennt, werden in einer Sekunde

$$\frac{7000}{60 \cdot 60} = 1{,}94 \; WE \text{ frei.}$$

Diese Wärmemenge ist also im Stande

$$1{,}94 \cdot 424 = 8225 \; mkg \text{ oder } \frac{8225}{75} = 10{,}96 \text{ also rund } 11 \; PS$$

zu leisten. Demnach würden auf die Leistung von 1 *PS* nur $\frac{1}{11}$ *kg* Steinkohle in der Stunde kommen.

In Wirklichkeit dahingegen ist erfahrungsmässig bei den besten Dampfmaschinen auf eine Pferdestärke in der Stunde mindestens 0,8 *kg* Steinkohle von 7000 *WE* Heizwert (S. 270) zu rechnen, was einer Leistung von 1,25 *PS* für 1 *kg* Steinkohle gleichkommt. Demnach ergiebt sich zwischen der wirklichen Leistung und dem Arbeitsvermögen des Brennstoffes das Verhältnis:

$$\frac{1,25}{10,96} = 0,11$$

Selbst unter den günstigsten Umständen beträgt daher die nutzbare Arbeit der Dampfmaschine nur 11 % von dem in der Kohle aufgespeicherten Arbeitsvermögen und sinkt in sehr vielen Fällen, bei einem Aufwand von z. B. 1,4 *kg* Steinkohle für 1 *PS* in der Stunde auf 6 % und noch tiefer herab.

Diese aussergewöhnliche und daher auffallend geringe Ausbeute des vorhandenen Arbeitsvermögens findet ihre Erklärung in mehreren Umständen. Zunächst ist es sehr schwierig den Verbrennungsprozess in der Dampfkesselfeuerung derart zu leiten, dass eine vollständige Verbrennung erzielt wird. Sodann kann es als ausgeschlossen angesehen werden, die Verbrennungswärme vollständig dem Kesselwasser zur Dampferzeugung zuzuführen, da ein Teil derselben zur Hervorbringung von Zug verbraucht wird und ein anderer Teil durch Strahlung und Leitung verloren geht.

Ein weiterer Verlust an Wärme entsteht in der Dampfleitung durch unvermeidliche Strahlung und Abkühlung, an den sich noch der Verlust durch Reibung, Drosselung in den Ventilen sowie derjenige anschliesst, der durch die schädlichen Räume (S. 510) veranlasst wird.

Wie bereits S. 482 erklärt ist, entspricht die durch die Wärme gewonnene mechanische Arbeit dem Produkte aus Wärmegewicht in das Temperaturgefälle. Demnach liesse sich die in dem Dampfe als Arbeitsvermögen aufgespeicherte Wärme nur auch dann ganz in der Maschine in Arbeit umsetzen, wenn die Möglichkeit gegeben wäre, den Dampf auf den absoluten Nullpunkt (— 273) abzukühlen. Weil jedoch die Abkühlung im allgemeinen mit Hilfe der Kondensatoren kaum je unter + 50° C gebracht wird, so geht daraus hervor, wie weit die wirkliche Abkühlung selbst unter den günstigsten Verhältnissen von der bedingten absteht und dass es überhaupt ausgeschlossen ist, die ganze in der Wärme enthaltene Arbeit zu gewinnen.

Da von der Grösse des Dampfverbrauches in einer Dampfmaschine nicht nur die Grösse des Dampferzeugers, sondern auch in den meisten Fällen die Wahl desselben abhängt, sowie desgleichen die Abmessungen der Kondensatoren, der Speiseapparate die Kühlwassermengen zu bestimmen sind, so ist die Ausmittelung desselben ein wichtiger Punkt bei Dampfmaschinenanlagen, zumal naturgemäss der Dampfverbrauch den bedeutsamsten Teil der Betriebskosten ausmacht. — Aus letzterer Thatsache erklärt es sich auch, dass sehr häufig die Zweckmässigkeit oder der Effekt einer Dampfmaschinenanlage lediglich nach dem Dampfverbrauch beurteilt wird, der in der Stunde auf eine Pferdestärke kommt.

Unter Beibehaltung der Bezeichnungen S. 492 und 493 ist zur Ausfüllung eines Dampfcylinders erforderlich ein Dampfvolumen:

$V = F\,l$ wenn der ganze Cylinder gefüllt wird und

$V = F\,(l - l_1)$ wenn bei Expansionsmaschinen die Zuströmung abgeschlossen wird.

Bezeichnet man nun das spez. Gewicht des Dampfes (S. 280) mit γ und das Füllungsverhältnis $\frac{l_1}{l}$ mit φ so ist das Dampfgewicht für jede Kolbenbewegung

$$g = V\,\gamma = F\,\varphi\,l\,\gamma$$

Bewegt sich die Maschine mit n Umdrehungen in der Minute, so ist das in der Stunde verbrauchte Dampfgewicht

$$G = 60 \cdot 2\,n\,F\,\varphi\,l\,\gamma$$

wenn man diejenige Dampfmenge unberücksichtigt lässt, welche zur Ausfüllung der Kanäle und der schädlichen Räume dient, durch Undichtigkeiten entweicht oder auf andere Weise verloren geht. Da diese Dampfverluste aber den Dampfverbrauch bedeutend vermehren und den Effekt herabziehen, im Übrigen jedoch in den einzelnen Fällen sehr stark von einander abweichen, so lässt sich der wirkliche Dampfverbrauch mit Sicherheit nur durch Versuche ausfindig machen. Ergeben solche Versuche die Pferdestärken N und einen Dampfverbrauch Q in der Stunde, so ist also der Dampfverbrauch für eine Pferdestärke in der Stunde:

$$q = \frac{Q}{N}.$$

Zur Veranschlagung des Dampfverbrauchs können folgende Ziffern gelten, die praktischen Erfahrungsresultaten entstammen und in ihren Mittelwerten zur Wahl der Kesselgrössen brauchbar sind:

Dampfverbrauch für 1 N und Stunde:	Auspuff-M.	Kondensator-M.
ohne Rücksicht auf die Verluste . . .	9 bis 12 *kg*	5 bis 7 *kg*
mit Rücksicht auf die Verluste . . .	15 bis 25 *kg*	8 bis 16 *kg*

Ausführlichere Angaben über den Dampfverbrauch bei verschiedenen Maschinen unter verschiedenen Verhältnissen enthält die auf folgender Seite abgedruckte Tabelle (Hrabák) in welcher bedeutet:

p die Ueberdruckspannung in *Atm.*;
l die Hublänge; l_1 den Volldruckweg;
Q die Dampfmenge in der Stunde;
N die Leistung in Pferdestärken;
c die Kolbengeschwindigkeit;
D den Cylinderdurchmesser.

Nach den S. 567 aufgeführten vier Hauptteilen der Dampfmaschinenanlage setzt sich auch das Güteverhältnis $\mathfrak{g}$ zusammen aus dem Güteverhältnisse:

a der Dampfkesselanlage, b der Dampfleitung,
c der Dampfmaschine, d der Dampfableitung,

und besteht aus dem Produkte dieser Einzelverhältnisse also:

$$\mathfrak{g} = a \cdot b \cdot c \cdot d$$

Hubverhältnis	Eincylinderm. l : D = 2; Zweicylinderm. l : D = 1,5; Dreicylinderm. l : D = 1,0	Auspuffmaschine p = 6 $\frac{l_1}{l}$	Q	p = 8 $\frac{l_1}{l}$	Q	p = 10 $\frac{l_1}{l}$	Q	p = 12 $\frac{l_1}{l}$	Q	Kondensatormaschine p = 6 $\frac{l_1}{l}$	Q	p = 8 $\frac{l_1}{l}$	Q	p = 10 $\frac{l_1}{l}$	Q	p = 12 $\frac{l_1}{l}$	Q
N = 10	Eincylinderm. mit Kulisse	0,4	19,9	0,33	18,3	0,3	17,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
c = 1,5 m	Eincylinderm. mit Expansion	0,3	17,0	0,25	15,5	0,2	14,5	.	.	0,15	12,7	0,125	12,1	.	.	.	.
N = 10	Eincylinderm. mit Kulisse	0,4	18,7	0,33	17,1	0,3	16,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
c = 2 m	Eincylinderm. mit Expansion	0,3	15,9	0,25	14,5	0,2	13,6	.	.	0,15	11,8	0,125	11,2	.	.	.	.
	Eincylinderm. mit Kulisse	0,4	17,6	0,33	16,0	0,3	15,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N = 50	Eincylinderm. mit Expansion	0,3	14,8	0,25	13,4	0,2	12,5	.	.	0,15	10,7	0,125	10,1	.	.	.	.
c = 2 m	Zweicylinderm. mit Expansion	.	.	0,2	12,0	0,15	10,9	0,125	10,3	0,125	8,8	0,1	8,2	0,08	7,7	.	.
	Dreicylindermaschine	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,07	7,4	0,06	7,0	0,05	6,7
	Eincylinderm. mit Kulisse	0,4	16,4	0,33	14,9	0,3	13,9	.	.	0,15	9,9	0,125	9,3	.	.	.	.
N = 50	Eincylinderm. mit Expansion	0,3	13,8	0,25	12,4	0,2	11,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
c = 3 m	Zweicylinderm. mit Expansion	.	.	0,2	11,3	0,15	10,1	0,125	9,5	0,125	8,1	0,1	7,5	0,08	7,0	.	.
	Dreicylindermaschine	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,07	6,8	0,06	6,5	0,05	6,1
	Eincylinderm. mit Kulisse	0,33	15,7	0,3	14,2	0,25	13,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N = 250	Eincylinderm. mit Expansion	0,25	13,2	0,2	11,8	0,15	10,8	.	.	0,125	9,3	0,1	8,6	.	.	.	.
c = 3 m	Zweicylinderm. mit Expansion	.	.	0,15	10,9	0,125	9,9	0,1	9,4	0,1	7,5	0,08	7,0	0,07	6,7	.	.
	Dreicylindermaschine	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,06	6,4	0,05	6,0	0,04	5,6
	Eincylinderm. mit Kulisse	0,33	15,0	0,3	13,6	0,25	12,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N = 250	Eincylinderm. mit Expansion	0,25	12,6	0,2	11,3	0,15	10,2	.	.	0,125	8,8	0,1	8,2	.	.	.	.
c = 4 m	Zweicylinderm. mit Expansion	.	.	0,15	10,5	0,125	9,4	0,1	8,7	0,1	7,2	0,08	6,7	0,07	6,3	.	.
	Dreicylindermaschine	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,06	6,1	0,05	5,7	0,04	5,4
	Eincylinderm. mit Kulisse	0,33	14,9	0,3	13,5	0,25	12,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N = 1000	Eincylinderm. mit Expansion	0,25	12,5	0,2	11,2	0,15	10,1	.	.	0,125	8,7	0,1	8,1	.	.	.	.
c = 4 m	Zweicylinderm. mit Expansion	.	.	0,15	10,4	0,125	9,3	0,1	8,6	0,1	7,0	0,08	6,5	0,07	6,2	.	.
	Dreicylindermaschine	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,06	6,0	0,05	5,6	0,04	5,3

Um das Gesamtgüteverhältnis kennen zu lernen ist demnach etwa folgendes zu erforschen:

1. Von der Feuerung: ob die Verbrennung eine vollständige und günstige ist, aus welchen Gründen sie zu wenig leistet oder zu viel Brennmaterial verzehrt, überhaupt mangelhaft ist und bei welchem Brennmaterial sie sich am vorteilhaftesten erweist.

2. Von dem Dampfkessel: wie viel Liter oder Kilogramm Wasser derselbe in der Stunde oder mit einem Kilogramm Brennmaterial verdampft, wie gross hierbei die Wärmeverluste sind und welche Ursachen einer zu geringen Dampfbildung oder einem zu grossen Brennmaterialaufwand zu Grunde liegen.

3. Von der Dampfzuleitung: wie viel Prozent Dampf sich in derselben verdichtet, wie gross der damit verbundene Wärmeverlust ist, und wodurch ein etwa übermässiger Verlust verursacht wird.

4. Von der Dampfmaschine: die Arbeit in Pferdestärken, welche dieselbe zu einer gewissen Zeit oder während eines Tages mit einer bestimmten Belastung durchschnittlich verrichtet, wie viel Dampf sie in der Stunde für eine Pferdestärke verbraucht und welche Mängel sie etwa an Steuerung, Kolben, Regulator etc. besitzt, sowie welcher Höchstleistung sie fähig ist.

5. Von der Dampfableitung: welche Widerstände der ausströmende Dampf überwinden muss, beziehungsweise die Wirkung des Kondensators der Luft-, Warm- und Kaltwasserpumpe u. s. w.

Die folgende Zusammenstellung hat den Zweck, für die Untersuchungen an Dampfkesseln und Dampfmaschinen zur Ermittlung ihrer Leistungen die dabei zu beobachtenden Maassregeln und Einrichtungen anzugeben, sowie hierfür Grundsätze von allgemeiner Giltigkeit zu schaffen

Es ist wünschenswert, durch Angabe der wichtigsten Verhältnisse der untersuchten Anlagen und der Umstände, unter welchen die Resultate erzielt werden, den gewonnenen Ergebnissen nicht nur für den einzelnen Fall, sondern auch allgemeinen Wert zu erteilen.

Mit der Ausführung solcher Untersuchungen sind nur Personen zu beauftragen, welche die hierzu erforderliche Sachkenntnis und Übung besitzen. Dieselben sollen mit Beachtung des jeweiligen Zweckes ein Versuchsprogramm aufstellen, die zur Untersuchung dienenden Apparate auf ihre Brauchbarkeit prüfen und die Ergebnisse der Untersuchung zusammenstellen. Ihren Arbeiten sind die folgenden Bestimmungen mit sinngemässer Anwendung und Auswahl für den einzelnen Fall zu Grunde zu legen.

A. Allgemeine Bestimmungen.

I. Art der Untersuchungen.

a) Die Leistung einer Dampfkesselanlage ist zu untersuchen

1. auf das Maass der Dampferzeugung pro *qm* Heizfläche und Stunde; ausserdem entweder

2. auf ihren Wirkungsgrad, d. h. auf das Verhältnis der an den Kesselinhalt abgegebenen Wärmemenge zu dem Heizwerte des aufgewendeten Brennstoffes unter gleichzeitiger Bestimmung der einzelnen Wärmeverluste, oder nur

3. auf die Verdampfungsziffer, d. h. auf die Zahl der Kilogramm Wasser von bestimmter Temperatur, welche durch je 1 *kg* näher bezeichneten Brennstoffes in Dampf von gewisser Spannung verwandelt werden.

Bemerkung. Eine Dampfmaschine nach ihrem Brennmaterialverbrauche pro Stunde und indizirte Pferdekraft zu bewerten, ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, weil hiedurch sehr leicht Missverständnisse und Missbräuche veranlasst werden können. Diese Brennmaterial-Verbrauchsziffer wird für ein und dieselbe Dampfmaschine in sehr erheblichem Maasse schwanken, je nachdem man ein hoch- oder geringwertiges Brennmaterial, eine Dampfkesselanlage mit hohem oder niedrigem Wirkungsgrade in Verwendung nimmt. Will man jene Ziffer dennoch benutzen, so muss sie auf ein ganz bestimmtes Brennmaterial und eine ganz bestimmte Dampfkesselanlage bezogen werden.

b) Bei der Untersuchung einer Dampfmaschine kann es sich handeln um die Ermittlung

1. der Arbeit in indizirten oder effektiven Pferdestärken,
2. des Wirkungsgrades, d. h. des Verhältnisses der durch die Bremse zu ermittelnden Nutzarbeit zu der durch den Indikator zu bestimmenden indizirten Arbeit,
3. des Dampfverbrauchs und Vergleichung desselben mit der geleisteten Arbeit,
4. des Ganges und der Güte der Dampfverteilung.

Bemerkung. Soll die Beurteilung der Dampfkessel und Dampfmaschinenanlage nicht blos in Bezug auf ihre Leistung, sondern auch nach den übrigen Richtungen erfolgen, so ist sie in ihren einzelnen Teilen einer besonderen Durchsicht zu unterwerfen, wobei auf Dauerhaftigkeit und Betriebssicherheit in erster Linie Rücksicht zu nehmen ist.

II. Allgemeine Versuchsbestimmungen, insbesondere Zahl und Zeit der Untersuchungen.

a) Um die zu prüfende Anlage im Betriebe kennen zu lernen, die zur Verwendung kommenden Apparate und Einrichtungen zu prüfen und die Hilfskräfte einzuüben, ist ein Vorversuch anzustellen.

b) Für jede Untersuchung, welche auf Zuverlässigkeit Anspruch machen soll, sind mindestens zwei Versuche hinter einander auszuführen, die nur dann als giltig erachtet werden, wenn sie nicht durch Störungen unterbrochen worden sind, und wenn ihre Ergebnisse nicht um mehr von einander abweichen, als unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden darf. Aus den Versuchen mit annähernd gleichen Ergebnissen wird der Mittelwert als endgiltig angenommen.

c) Zu Anfang und zu Ende jedes Versuches sollen überall gleiche Verhältnisse vorhanden sein, Maschinen beziehungsweise Kessel sollen sich im Beharrungszustande befinden.

Bemerkung. Bei einem Betriebe mit Unterbrechungen bedarf die Feststellung des eingetretenen Beharrungszustandes besonderer Sorgfalt.

d) Alle für den Versuch nicht zur Anwendung kommenden Dampf- und Wasserröhren sind mittels Blindflanschen vom Versuchskessel beziehungsweise -Maschine abzusperren, und zwar möglichst nahe an denselben.

e) Jeder Versuch, welcher die Ermittlung des Brennmaterialverbrauchs und der durchschnittlichen Leistung eines Kessels, oder des Dampfverbrauchs und der durchschnittlichen Arbeitsleistung einer Maschine zum Zwecke hat, soll, wenn er während des Fabrikbetriebes mit seinen gewöhnlichen Schwankungen und Unterbrechungen ausgeführt wird, a) bei Tagbetrieb je einen Tag lang, und b) bei Tag- und Nachtbetrieb je einen Tag und eine Nacht lang dauern.

Bemerkung. Die Dauer der regelmässigen Unterbrechungen des Betriebes und die Menge des während derselben verheizten Brennmateriales, sowie die Art ihrer Verrechnung sind anzugeben.

f) Werden dagegen für die Versuche gleichmässige Betriebsverhältnisse herbeigeführt, so hat ein Versuch bei Dampfkesseln mindestens 10, bei Dampfmaschinen mindestens 8 Stunden ohne Störung und Unterbrechung zu dauern.

g) Zu Versuchen über die Arbeitsleistung von Dampfmaschinen (A I b 1) genügt, wenn die Belastung eine nahezu gleichmässige ist, ein Versuch von entsprechend kürzerer Dauer.

Für die Ermittlung des Verhältnisses der effektiven zur indizirten Leistung (A I b 2), sowie des Leerlaufwiderstandes ist die Dauer der Versuche ohne Einfluss; ebenso bei der Entnahme von Diagrammen zur Beurteilung der Dampfverteilung.

h) Bei Versuchen von besonderer Wichtigkeit, z. B. bei Garantieversuchen, von deren Ergebnissen Abnahme, Abzüge oder Prämien abhängen, ist die Dauer derselben je nach der Bedeutung des damit verknüpften Interesses zu bemessen und vorher zu vereinbaren.

i) Das Maass der Abweichung von der versprochenen Leistung, welches zulässig sein soll, ohne die Zusage als verletzt erscheinen zu lassen, ist vor den Versuchen (sei es im Lieferungsvertrage, sei es bei Aufstellung des Programmes) zu vereinbaren.

k) Unmittelbar nach Inbetriebnahme einer Anlage soll kein Garantieversuch ausgeführt werden; dem Lieferanten wird zu eigenen Vorversuchen und zu den etwa nötigen Verbesserungen eine Frist eingeräumt, deren Dauer und sonstigen Bedingungen möglichst bei Abfassung des Lieferungsvertrages festzustellen sind.

III. Einheitliche Maasse und Gewichte für die Berechnungen.

a) Alle Wärmemessungen (Wärmeeinheiten, Temperaturgrade) beziehen sich auf das 100teilige Thermometer (Celsius).

b) Ist ohne nähere Angabe von Dampfdruck die Rede, so ist darunter stets der den Druck der Atmosphäre übersteigende Druck, Dampfüberdruck, zu verstehen.

c) Spannungen unter der atmosphärischen werden durch das Vakuum gemessen. Man versteht darunter den Unterschied zwischen der zu bestimmenden Spannung und der atmosphärischen.

d) Als Maasseinheit für den Überdruck sowohl wie für das Vakuum dient der Druck von 1 *kg* auf 1 *qcm* oder die metrische Atmosphäre.

Bemerkung. Federmanometer, offene Quecksilbermanometer, Indikatorfedern geben direkt den Überdruck oder das Vakuum an. Sind die

Skalen dieser Instrumente nach anderen Maasstäben eingeteilt, so hat Umrechnung ihrer Angaben in metrische Atmosphären stattzufinden.

Ist die Kenntnis der absoluten Dampfspannung von Wichtigkeit, so muss der jeweilige Atmosphärendruck mittels des Barometers gemessen und nach Umrechnung in metrische Atmosphären zum Überdrucke hinzu gerechnet bezw. muss das Vakuum davon abgezogen werden.

e) Die Zugstärke von Kaminen wird durch eine in Millimeter geteilte Wassersäule gemessen; 1 *mm* = 0,0001 metrische Atmosphäre.

f) Die Angabe des Dampfdruckes eines Dampfkessels bezieht sich auf den durch die Konzessionsurkunde festgesetzten höchsten Druck, diejenige des Wasserstandes auf den festgesetzten tiefsten Stand.

g) Unter Heizfläche ist bei Dampfkesseln die Grösse des Flächeninhaltes der einerseits von den Feuergasen, andererseits vom Wasser berührten Wandungen des Kessels zu verstehen und dieselbe auf der Feuerseite zu messen.

Bemerkung. Zur Heizfläche gehören auch die in den Fuchs eingebauten Vorwärmer (Ekonomiser); doch ist deren Heizfläche stets gesondert aufzuführen. Überhaupt empfiehlt es sich, die verschiedenen Teile der Heizfläche gesondert aufzuführen.

h) Die für die Leistung der Dampfmaschine maassgebende Dampfspannung ist die unmittelbar vor dem Eintritte in die Maschine vorhandene.

i) Für die Leistung einer Dampfmaschine gilt als Maasseinheit die Pferdestärke gleich 75 Sekundenmeterkilogramm. Ohne weitere Bezeichnung ist darunter stets die effektive (von der Kurbelwelle abgegebene, durch die Bremse messbare) Leistung verstanden. Soll die indizirte Pferdestärke gemeint sein, so ist dies ausdrücklich auszusprechen. Die Angabe in nomineller Pferdestärke ist zu vermeiden.

B. Ausführung der Untersuchungen

I. *Untersuchung der Dampfkesselanlagen.*

1. Brennstoff.

a) Probenahme. Von jeder Ladung (Karre, Korb und dergl.) des zugeführten Brennstoffes wird eine Schaufel voll in eine mit einem Deckel versehene Kiste geworfen und aus dieser Masse eine Durchschnittsprobe entnommen.

Bemerkung. Hierbei kann in folgender Weise verfahren werden. Das Brennmaterial wird zerkleinert, gemischt, quadratisch ausgebreitet und durch beide Diagonalen in vier Teile geteilt Zwei einander gegenüberliegende dieser Teile werden fortgenommen, die beiden anderen wieder zerkleinert, gemischt und geteilt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis eine Probemenge von etwa 5 *kg* übrig bleibt, welche gut verschlossen zu chemischer Untersuchung zu bringen ist.

b) Die Zusammensetzung des Brennmateriales, d. h. dessen Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Asche und hygroskopischem Wasser bezw. an Schwefel und Stickstoff ist durch chemische Analyse, das Verhalten in der Hitze durch Verkokungsprobe zu ermitteln.

Zur Wasserbestimmung unter möglichstem Luftabschluss soll während

des Versuches eine Anzahl besonderer kleinerer Proben von dem zu verheizenden Brennstoffe in Gläser gefüllt werden, welche sofort luftdicht zu verschliessen und zur Untersuchung zu bringen sind.

c) Berechnung des Heizwertes.

Enthält 1 *kg* des Brennstoffes

C Kilogramm Kohlenstoff,
H „ Wasserstoff,
S „ Schwefel,
O „ Sauerstoff,
W „ hygroskopisches Wasser,
A „ Asche,

so kann man den Heizwert nach der Annäherungsformel berechnen:

$$8000\ C + 29\,000 \left(H - \frac{O}{8}\right) + 2500\ S - 600\ W \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Bemerkung. Hierbei ist angenommen, dass das Wasser der Verbrennungsgase als Dampf von 20° entweicht.

d) Bestimmung der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge

1 *kg* Brennstoff erfordert:

$$L = \left(\frac{8}{3} C + 8\ H + S - O\right) \frac{100}{23} \ kg \text{ Luft.}$$

$$\text{oder } L_1 = \frac{L}{1{,}29} \ cbm \text{ Luft.}$$

2. Verbrennungsprodukte und Wärmeverluste.

a) Messung der Temperatur.

Die Temperatur T der abziehenden Gase bis zu 360° wird durch Quecksilberthermometer mit Stickstofffüllung bestimmt, welche möglichst nahe der Stelle, wo die Gase den Kessel verlassen, aber jedenfalls vor dem Abschlussorgan, mit sorgfältiger Abdichtung in den Rauchkanal so eingesetzt werden, dass die Quecksilberkugel sich mitten im Gasstrome befindet. Die Ablesungen erfolgen jedesmal bei Entnahme der Gasproben (s. unten). Temperaturen über 360° werden am besten kalorimetrisch bestimmt.

Die Temperatur t der in die Feuerung tretenden Luft wird nahe der Feuerung gemessen, jedoch so, dass das Thermometer vor der Wärmestrahlung des Rostes geschützt ist.

Aus den erhaltenen Zahlen wird das arithmetische Mittel genommen und der Berechnung zu Grunde gelegt.

b) Gasuntersuchung.

Während der Dauer des Heizversuches werden in gleichmässigen Zwischenräumen von 10 bis 15 Minuten Gasproben durch ein luftdicht neben dem Thermometer eingesetztes Rohr, dessen untere Mündung mitten in den Gasstrom reicht, entnommen und der Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff bestimmt. Zur Ermittlung eines Durchschnittes können ausserdem die Gase mittelst gleichmässig saugenden Aspirators entnommen werden.

Enthalten die Rauchgase nennenswerte Mengen Kohlenoxyd, so ist die Verbrennung unvollkommen. Soll dieser Fehler ziffermässig ermittelt werden, so sind die Gasproben einzuschmelzen und im Laboratorium zu untersuchen.

Ergab die Gasanalyse

k Volum $^0/_0$ Kohlensäure,

o „ „ Sauerstoff,

und n „ „ Stickstoff,

so ist das Verhältnis der gebrauchten Luftmenge zu der theoretisch erforderlichen $1 : v$, also

$$v = \frac{21}{21 - 79\frac{o}{n}}$$

Die Menge der gasförmigen Verbrennungsprodukte wird auf folgende Weise berechnet:

1 *kg* Kohle giebt $\frac{C \times 100}{0{,}536\ k}$ *cbm* trockene Verbrennungsgase bei 0^0 und 760 *mm* Druck gemessen.

Das Gewicht des in den Rauchgasen enthaltenen Wasserdampfes wird berechnet aus dem durch Verbrennung des Wasserstoffes gebildeten ($9\ H$) und dem Wassergehalte der Kohle W, ist also gleich:

$$(9\ H + W).$$

Um die Dichtigkeit des Mauerwerkes festzustellen, werden gleichzeitig an mehreren Stellen der Feuerzüge entnommene Proben auf ihren Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff geprüft.

Bemerkung. Auf einfache Weise kann man starke Undichtigkeiten des Mauerwerkes meist nachweisen, indem man den im Betriebe befindlichen Rost mit stark rauchendem Brennstoffe frisch beschickt und den Zugschieber schliesst, oder auch dadurch, dass man beobachtet, ob die Flamme eines an dem Kesselmauerwerke entlang bewegten Lichtes angesaugt wird.

c) Bestimmung der Wärmeverluste.

1. Der Wärmeverlust durch die Rauchgase berechnet sich aus der Menge derselben multiplizirt mit ihrer spezifischen Wärme und der Temperaturdifferenz gegen die äussere Luft wie folgt:

$$\left(0{,}32\ \frac{C \times 100}{0{,}536\ k} + 0{,}48\ (9\ H + W)\right) \times (T - t),$$

wobei 0,32 als Mittelwert der Wärmekapazität der Feuergase angenommen wird und C, k, H, W, T und t die unter B I, 1 c und B I, 2 a und b angegebene Bedeutung besitzen.

2. Der Wärmeverlust in Folge unvollständiger Verbrennung, welcher dadurch entsteht, dass Brennstoffteilchen (unverbrannt) durch den Rost fallen und von den aus dem Verbrennungsraum entfernten Herdrückständen (Schlacke, Asche) eingeschlossen werden, ist in der Weise zu ermitteln, dass das Gewicht der Verbrennungsrückstände nach jedem Versuche bestimmt und aus ihnen eine Durchschnittsprobe behufs Feststellung des Gehaltes an unverbrannten Bestandteilen entnommen wird.

3. Der Wärmeverlust, welcher dadurch entsteht, dass Asche und Schlacke in heissem Zustande aus dem Verbrennungsraum beseitigt werden, ist zu vernachlässigen.

4. Werden von dem Heizwerte (B I 1 c) die Wärmeverluste 1 und 2 und die in das Kesselwasser übergegangene Wärmemenge in Abzug gebracht, so kann die Differenz als Verlust durch Strahlung und Leitung der Anlage, Russ und unverbrannte Gase angesehen werden.

3. Verdampfung.

a) Wenn die Leistung eines Dampfkessels durch einen Verdampfungsversuch festgestellt werden soll, so ist die Art des Versuches nach Maassgabe des unter A I a und II bemerkten zu vereinbaren.

b) Die Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Kesselanlage sind möglichst vollständig anzugeben und durch eine Zeichnung zu erläutern; insbesondere sollen diese Angaben enthalten:

1. Heizfläche des Kessels (s. A. III g).
2. Heizfläche etwaiger Speisewasservorwärmer in den Rauchkanälen.
3. Kubikinhalt des Wasser- und Dampfraumes bis zur Wasserstandsmarke sowie etwaiger Speisewasservorwärmer.
4. Verdampfungsoberfläche, gemessen in der Höhe der Wasserstandsmarke.
5. Gesamte und freie Rostfläche; die Grösse etwaiger Schweelplatten ist besonders anzugeben.
6. Querschnitt der Feuerzüge an den wesentlichen Stellen.
7. Zugquerschnitt in jeder Stellung der betreffenden Absperrvorrichtung.
8. Höhe des Schornsteines (von der Rostfläche aus gemessen), Querschnitt desselben an der Ausmündung bezw. an der engsten Stelle.

c) Vor Beginn der Versuche ist der Kessel zu reinigen, innerlich und äusserlich zu untersuchen und auf seine Dichtigkeit zu prüfen; die Feuerzüge sind zu putzen, die Mauerfugen dicht zu verstreichen.

d) Nach dieser Reinigung muss der Kessel je nach seiner Beschaffenheit einen oder mehrere Tage im normalen Betriebe gewesen sein, damit derselbe sich im Beharrungszustande befinde.

e) Der Wasserstand und der Dampfdruck werden bei Beginn des Versuches genau vermerkt und sollen während des Versuches möglichst auf gleicher Höhe erhalten werden; der Dampfdruck wird durch Manometer gemessen und viertelstündlich vermerkt.

Bemerkung. Geringe Abweichungen des Wasserstandes oder des Dampfdruckes am Ende des Versuches sind, falls sich dieselben nicht ganz vermeiden lassen, nach ihrem Wärmewerte zu ermitteln und bei der Rechnung zu berücksichtigen. Es genügt also nicht, das mehr oder minder im Kessel enthaltene Wasser am Schlusse des Versuches dem Speisewasser ab- oder zuzurechnen, sondern es sind mit Rücksicht auf die Spannungen am Anfang und Ende des Versuches die gesamten im Kessel enthaltenen Wärmeeinheiten zu ermitteln.

Besondere Sorgfalt verlangen in dieser Beziehung die Wasserröhrenkessel und ähnliche Konstruktionen mit stark schwankendem Wasserspiegel, bei denen ausserdem während der Dampfentwicklung die Wassermasse durch die im Wasser enthaltenen Dampfblasen erheblich vergrössert erscheint.

f) Das Speisewasser wird entweder gewogen oder in tarifirten Gefässen, deren Inhalt gebotenen Falls nach der Temperatur des Wassers zu berichtigen ist, gemessen; bei genauen Versuchen ist nur ersteres zulässig.

Die Speisungen müssen regelmässig und möglichst ununterbrochen geschehen; kurz vor Beginn und kurz vor Schluss des Versuches sind

Speisungen zu vermeiden. Die Temperatur des Speisewassers wird im Behälter, aus welchem gespeist wird, gemessen; bei genauen Versuchen je nach Umständen auch kurz vor dem Eintritte in den Kessel, und zwar bei jeder Speisung, mindestens halbstündlich. Die Speisung durch Injektoren ist nur zulässig, wenn solche den Dampf aus dem Versuchskessel erhalten.

Findet gleichzeitig mit der Untersuchung der Dampfkesselleistung eine Untersuchung des Dampfverbrauchs einer von dem Kessel gespeisten Dampfmaschine statt, so ist die Verwendung von Dampfpumpen zur Speisung unzulässig, welche ihren Betriebsdampf aus dem Versuchskessel entnehmen, oder deren Abdampf mit dem Speisewasser in Berührung kommt. Der Kraft- bezw. Dampfverbrauch einer von der Versuchsmaschine betriebenen Speisepumpe kann vernachlässigt werden.

Alles Leckwasser an den Kesselgarnituren sowie etwa ausgeblasenes Wasser ist aufzufangen und in Rechnung zu bringen. Das auf diese Weise ermittelte Wassergewicht ist umzurechnen auf Speisewasser von 0° und Dampf von 100°.

g) Bei der Bestimmung des Brennmaterialverbrauchs ist darauf zu achten, dass zum Beginne des Versuches das Feuer in einen normalen Zustand der Beschickung und Reinigung gebracht, Asche und Schlacke aus dem Aschenfall entfernt werden; ist die Entleerung des Aschenfalls nicht möglich (Tenbrink u. s. w.), so sind die Rückstände in demselben vor und nach dem Versuche bis auf eine bestimmte Höhe zu bringen und abzugleichen. In demselben Zustande muss sich das Feuer am Ende des Versuches befinden. Die Dauer und der Brennmaterialverbrauch des Anheizens werden vermerkt, bleiben aber ausser Berechnung.

Das während des Versuches zur Verwendung kommende Brennmaterial ist zu wiegen und angemessen zu verkleinern; die Beschickung des Rostes geschieht möglichst regelmässig.

h) Versuche, bei welchen nachweisbar erhebliche Wassermengen durch den Dampf mechanisch mitgerissen werden, sind ungenau.

II. Untersuchung einer Dampfmaschinenanlage.

a) Wenn die Leistung einer Dampfmaschine untersucht werden soll, so ist die Untersuchung nach Maassgabe des unter A 1 b und II gesagten zu vereinbaren.

b) Die durch solche Untersuchungen zu ermittelnden Konstruktions- und Betriebsverhältnisse der Anlage sind nach Anleitung des folgenden Schemas festzustellen.

1. System der Maschine, Beschreibung ihrer Hauptteile; wenn möglich: Zeichnung derselben.
2. Cylinderabmessungen und Grösse der schädlichen Räume.
3. Kolbenhub und sonstige in Betracht kommende Abmessungen.
4. Normale Umdrehungszahl und Schwankungen derselben.
5. Normale und höchste zulässige Dampfspannung.
6. Normale und höchste zulässige Leistung in indizirten oder effektiven Pferdestärken.
7. Normaler, grösster und kleinster Füllungsgrad.
8. Dampfverbrauch für je eine indizirte oder effektive Pferdestärke.

Im Sinne des Absatzes 2 der Einleitung liegt es ausserdem, die Länge und den Durchmesser der Dampf-Zu- und Ableitungsröhren, die Entwässerungsvorrichtungen, die Weite der Dampfkanäle, die Luftpumpenabmessungen, sowie die Betriebsverhältnisse des Kessels zu ermitteln.

c) Wenn nicht Anderes bestimmt wird, so sind bei Indikator- und Bremsversuchen, deren Ergebnisse zur Bezifferung des relativen Dampfverbrauchs dienen sollen, folgende allgemeine Versuchsbedingungen zu beobachten.

1. Der Versuch soll nicht eher beginnen, als bis in der Maschine und den Messinstrumenten vollständiger Beharrungszustand, sowohl bezüglich der Kräfte als der Temperaturen eingetreten ist.
2. Erstrecken sich solche Versuche bei regelmässigem Fabrikbetriebe auf die Dauer eines Arbeitstages, so sind die erste und letzte Stunde des Arbeitstages von der eigentlichen Versuchszeit auszuschliessen.
3. Dampfspannung und Belastung der Maschine müssen während der Versuchsdauer möglichst gleichmässig erhalten werden; erforderlichen Falls ist die Gleichmässigkeit der Belastung künstlich herzustellen.
4. Während der Versuchszeit soll die Maschine möglichst ununterbrochen in Betrieb stehen und genau so bedient werden (bezüglich Schmierung u. s. w.), wie beim gewöhnlichen Betriebe.
5. Die Umdrehungszahl der Maschine wird durch fortwährend arbeitende Hubzähler gemessen und stündlich notirt.
6. In regelmässigen Zeiträumen (etwa 15 Minuten) werden der Wasserstand im Kessel, die Spannungen in demselben, in der Dampfleitung unmittelbar vor der Maschine oder im Schieberkasten, im Zwischenbehälter (Receiver) und im Kondensator abgelesen, ausserdem die Temperatur des abfliessenden Kondensationswassers vermerkt.

 Im Übrigen richten sich die allgemeinen Versuchsbedingungen, insbesondere auch Zahl und Zeit der Versuche, nach den sub A II gegebenen Bestimmungen.

d) Soll die effektive Leistung behufs Vergleichung mit dem Dampfverbrauch ermittelt werden, so ist dieselbe, sofern die Art der Maschine solches zulässt, mittelst der Bremse zu messen. Diese muss so eingerichtet sein, dass sie die Belastung der Maschine direkt angibt.

Bremsapparate, bei denen Nebenwiderstände in Rechnung gezogen werden müssen, sind deshalb unzulässig. Während des Bremsversuches darf ein die Beobachtung vereitelndes heftiges Schwanken des Bremsdynamometers nicht vorkommen.

Bemerkung. Zu diesem Zwecke ist es erforderlich, abgesehen von der guten Regulirung der Maschine, den Bremsapparat reichlich gross zu bemessen, elastische Spannvorrichtungen mit Selbstregulirung in bester Ausführung anzuwenden, gleichmässige Abkühlung und Schmierung (bei hölzernen Bremsbacken durch reines Wasser, bei eisernen Bandbremsen durch Öl) und sorgfältige Wartung zu sichern.

Die Ermittelung der effektiven Leistung aus der indizirten mit Hilfe von Leerlaufsdiagrammen ist als minder genau nur dann anzuwenden, wenn die Messung durch die Bremse nicht möglich ist.

e) Soll die indizirte Leistung behufs Vergleichung mit dem Dampfverbrauch ermittelt werden, so sind ausser den sub B II c erwähnten allgemeinen Versuchsbedingungen noch folgende Regeln zu beobachten:

1. Die Indikatoren sind möglichst unmittelbar am Cylinder ohne lange und scharf gekrümmte Zwischenleitungen anzubringen. Die Verbindung beider Cylinderenden zu dem Zwecke der Verwendung nur eines Instrumentes für beide Kolbenseiten ist bei Dampfverbrauchsversuchen zu vermeiden.

 Bei genauen Versuchen ist an jedem Cylinderende ein Indikator anzubringen.
2. Bei rasch gehenden Maschinen mit kleiner Füllung sind gebotenen Falls Indikatoren mit reduzirten Maassen anzuwenden.
3. Die zur Verwendung kommenden Indikatoren und deren Federn müssen vor Beginn des Versuches entweder durch direkte Belastung oder an offenen Quecksilber- bezw. Justirmanometern bei einer der mittleren Dampfspannung des Versuches entsprechenden Temperatur geprüft werden.

 Diese Prüfung ist nach Versuchen von längerer Dauer zu wiederholen; ergeben sich Unterschiede, so ist der Mittelwert maassgebend; sind tägliche Federprüfungen während der Versuchszeit ausführbar, so sind diese vorzuziehen.

 Die Druckskalen sind durch Druckbelastung, die Vakuumskalen durch Luftleere festzustellen. Die Skalen sehr schwacher Vakuumfedern sind nach dem jeweiligen Barometerstande und in derselben Lage zur Horizontalen zu berichtigen, welche sie während des Versuches inne haben.
4. Die Übertragung der Kolbenbewegung auf die Papiertrommel muss möglichst direkt mit Hilfe solcher Vorrichtungen geschehen, welche die Bewegungen genau proportional den Kolbenwegen wiedergeben. Durch die Übertragung darf kein todter Gang der Papiertrommel entstehen, auch sollen die Schnüre nicht peitschen. Alle Diagramme von derselben Seite sollen deshalb gleich lang sein.
5. Bei Entnahme von Diagrammen ist der Indikator gehörig vorzuwärmen; deshalb soll, bevor man den Stift schreiben lässt, der Kolben einige Spiele machen. Vor dem Ziehen der atmosphärischen Linie ist der Kolben je einmal auf- und einmal abwärts zu drücken und langsam in seine Gleichgewichtsstellung zurück zu lassen. Weichen die erhaltenen Linien erheblich von einander ab, so ist das Instrument zu reinigen. Der Kolben soll dann bei herausgenommener Feder und aufrechter Stellung des Indikators durch sein Gewicht gleichmässig niedersinken.
6. Während des Versuches sind je nach der Gleichförmigkeit der Belastung alle 10 bis 20 Minuten Diagramme an jedem Cylinderende möglichst gleichzeitig abzunehmen. Die Diagramme sind mit Ordnungsnamen und der Zeit der Entnahme zu versehen.
7. Jedes Diagramm ist mindestens zweimal zu schreiben und sollen sich die erhaltenen Linien nahezu decken. Die Diagramme dürfen ausser leichten Wellenlinien, welche den wirklichen Verlauf der

Kurve noch mit Sicherheit erkennen lassen, keine sichtbaren Einflüsse des Instrumentes zeigen.

8. Die Ausrechnung der Diagrammflächen geschieht mit Hilfe eines Polarplanimeters oder in anderer zuverlässiger Weise und ist der Kontrole wegen zu wiederholen. Durchmesser des Dampfcylinders, Hub des Kolbens sind zu messen, der Querschnitt der Kolbenstange in Rechnung zu nehmen.

f) Soll lediglich der Wirkungsgrad der Maschine bei einer bestimmten Arbeitsleistung festgestellt werden, so genügen gleichzeitige Brems- und Indikatorversuche von kurzer Dauer.

Die solchergestalt ermittelte effektive Leistung kann zur annähernden Bezifferung des Dampfverbrauchs der effektiven Pferdestärke benutzt werden, wenn die indizirte Leistung und der Dampfverbrauch der Maschine unter denselben Verhältnissen, bei welchen der Wirkungsgrad bestimmt wurde, durch einen Dauerversuch ermittelt worden sind.

g) Der Dampfverbrauch wird durch das in den Kessel gespeiste Wasser gemessen. (Vergl. B I 3 f.)

Die Berechnung des Dampfverbrauchs aus den Diagrammen führt zu ungenauen Resultaten; dagegen ergiebt sich eine Kontrole desselben durch Bestimmung der Menge und der Temperatur des Kondensationswassers.

Das kondensirte Wasser der Dampfleitung soll vor dem Eintritte in die Maschine bezw. den Überhitzer abgefangen und von der Speisewassermenge abgezogen werden.

Das innerhalb der Maschine (Zwischenbehälter, Mäntel u. s. w.) kondensirte Wasser gehört zum Verbrauch der Maschine und darf deshalb während des Versuches nicht ohne Weiteres und ungewogen in den Kessel zurückgeleitet werden.

Bemerkung. Die Vorrichtungen zum Abfangen des Kondensirwassers (Kühlschlangen und dergl.) sind derart einzurichten, dass Verluste durch Dampfbildung aus dem Kondensirwasser vermieden werden; zu dem Ende soll dasselbe auf mindestens 40° abgekühlt werden.

h) Die Dichtigkeit der Kolben, Dampfmäntel und Ventile u. s. w. ist nicht durch Indikatormessungen, sondern durch besondere Versuche an der betriebswarmen Maschine derart zu ermitteln, dass die eine Seite des Kolbens (bei abgespreiztem Schwungrade), Ventile u. s. w. mit Dampf belastet wird, während die andere Seite der Besichtigung zugänglich ist. Diese Belastung geschieht bei normalem Dampfdruck, und sind die betreffenden Dichtungsflächen für undicht zu erachten, wenn der Dampf in anderer Form als in der von feinem Nebel oder Wasserperlen zum Vorschein kommt.

Zweite Gruppe.

Heissluft-, Feuerluft- und Gasmaschinen.

Mit Heissluftmaschinen (kalorischen Maschinen) pflegt man diejenige Gruppe von Wärmekraftmaschinen zu bezeichnen, bei welchen luftförmige Körper die Wärmeträger bilden.

Im engeren Sinne jedoch nennt man nur solche Maschinen dieser Gruppe Heissluftmaschinen, deren Wärmeträger atmosphärische Luft ist. Dienen dahingegen die bei einer Verbrennung sich bildenden heissen Verbrennungsgase als motorische Substanz, so werden die Maschinen entweder Feuerluftmaschinen oder Gasmaschinen genannt. Dann versteht man unter Feuerluftmaschinen solche, in welchen die beim Verbrennen von festen Brennstoffen (Koks, Steinkohle etc.) entstehenden Gaze unmittelbar zur Wirkung gelangen, während man als Gasmaschinen diejenigen zusammenfasst, in welchen die aus dem Verbrennen flüssiger und gasförmiger Brennstoffe (Benzin, Petroleum, Leuchtgas, Wassergas etc). hervorgehenden Verbrennungsgase durch die beim Verbrennen aufgenommene Wärme die motorische Kraftsubstanz bilden.

Demnach zerfällt diese Gruppe in drei Klassen:

1. Heissluftmaschinen,
2. Feuerluftmaschinen,
3. Gasmaschinen.

Bezüglich der Benutzung der Wärmeträger lassen sich zwei Fälle unterscheiden, indem dieselbe entweder in der Weise erfolgt, dass die Wärmeträger nur einmal gebraucht und sodann gezwungen werden, die Maschine zu verlassen, oder dass eine bestimmte Menge derselben unausgesetzt zur Verwendung gelangt, und demgemäss in der Maschine einen Kreisprozess durchläuft. — Da im letzteren Fall die entsprechende Menge in den Maschinen eingeschlossen bleibt, so nennt man diese geschlossene gegenüber den offenen, welche nach jeder Periode die Arbeitsträger an die Luft abgeben.

Sowohl in den Feuerluft- als Gas-Maschinen ist für die Bildung der heissen Verbrennungsprodukte die unausgesetzte Zufuhr atmosphärischer Luft zu den Brennstoffen Bedingung und aus diesem Grunde naturgemäss ausschliesslich die Anwendung offener Maschinen möglich, so dass nur die eigentlichen Heissluftmaschinen offen und geschlossen angeordnet werden können.

Als Kraftaufnehmer steht nur der Kolben in Verwendung, der sich infolge der Expansion in einem Cylinder bewegt und in der Regel die Bewegung auf eine Welle mit Schwungrad entweder direkt mittels Kurbel oder auch indirekt, mittels eines Gelenkes und Kurbel überträgt, indem eine unmittelbare Übertragung der Hin- und Herbewegung auf die Arbeitsmaschine äusserst selten veranlasst wird.

Neben diesem Kraftaufnehmer oder Arbeitskolben ist bei jeder Maschine dieser Art noch ein Organ notwendig mit der Bestimmung für jeden Arbeitshub bei offenen Maschinen eine abgemessene Menge frische atmosphärische Luft herbeizuschaffen, bei geschlossenen Maschinen, die Arbeitsluft durch Verdichtung unter gleichzeitiger Abkühlung auf den Anfangszustand zurückzuführen. Dieses Organ heisst Verdränger oder Verteiler auch Speisekolben, da dasselbe fast ausschliesslich aus einem nach Art einer Pumpe wirkenden Kolben besteht.

Ausserdem ist selbstverständlich die Feuerungsanlage von besonderer jeder Maschinenart eigentümlichen Einrichtung, weil sie in unmittelbarer Verbindung mit der Kraftmaschine steht.

Erstes Kapitel.

Heissluftmaschinen.

Wie bereits oben bemerkt, charakterisiren sich die Heissluftmaschinen als Maschinen, in denen eine gewisse Menge Luft, nachdem sie durch Erwärmung in eine höhere Spannung versetzt ist, durch Expansion in einem Cylinder (Arbeitscylinder) auf einen Kolben (Arbeitskolben) Arbeit überträgt. Sie zerfallen in offene oder geschlossene, je nachdem für jeden Kolbenarbeitsgang die Luft erneuert wird oder dieselbe Luftmenge in vollständig abgeschlossenen Räumen zur Wirkung gebracht wird.

I. Offene Heissluftmaschinen.

Der Grundgedanke einer offenen Heissluftmaschine geht aus Fig. 489 hervor. Über einer Feuerung F befindet sich ein Behälter (Topf, Feuertopf) T in dem atmosphärische Luft erwärmt wird, die durch das Rohr c und den Hahn r in den Arbeitscylinder mit Arbeitskolben A gelangt, und diesen unter Abgabe von Arbeit in Bewegung setzt. Sowie der Kolben A seinen Weg vollendet hat, erhält der Hahn r infolge Umsteuerung eine umgekehrte Lage, so dass die gebrauchte Luft während des Kolbenniederganges veranlasst wird, in die Luft zu entweichen. Zur Zuführung frischer Luft dient die Luftpumpe, welche aus dem Cylinder L mit dem Kolben S besteht. Beim Aufgang dieses Kolbens (Speisekolben, Verdränger) tritt Luft durch das Saugventil a ein; beim Niedergang desselben gelangt sie durch das Druckventil b in den Feuertopf T.

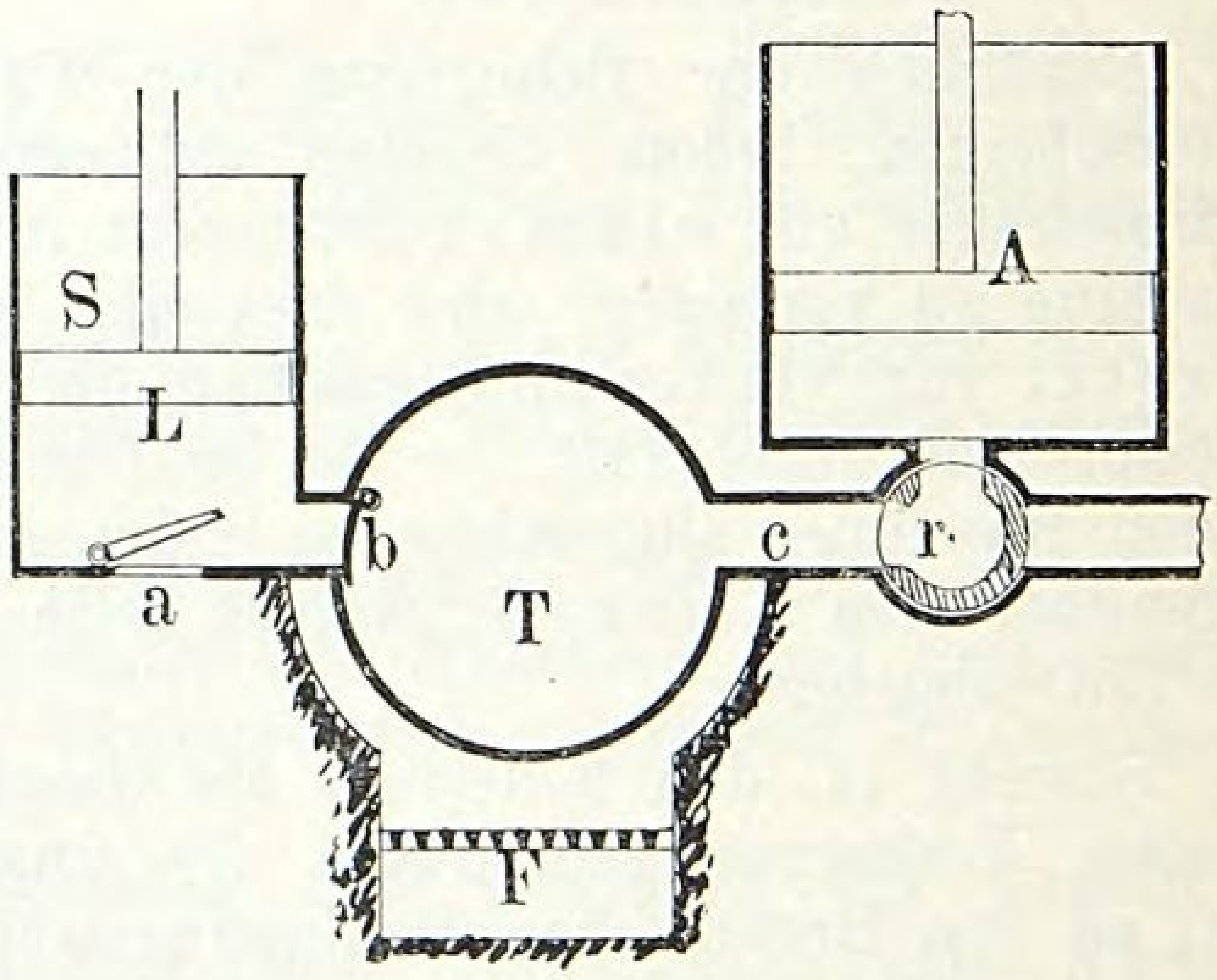


Fig. 489.

Aus dem geschildertem Vorgang ist zu erkennen, dass bei jedem Hube eine bestimmte Luftmenge mit hoher Temperatur und damit nutzlos ein dieser Wärme entsprechendes Arbeitsvermögen in die Luft entweicht. Zur Vermeidung dieses Verlustes hat man diese Kraftmaschine mit Regeneratoren (S. 315) ausgestattet, welche der zu kühlenden Luft Wärme entziehen und aufspeichern, um sie der zu erwärmenden Luft wieder zuzuführen. Dieselben bilden Behälter, welche mit Drahtgittern, dünnen Eisenplatten u. dergl. gefüllt und in der Weise in den Maschinenkörper eingeschaltet sind, dass sie abwechselnd von der heissen und von der kalten Luft durchströmt werden.

Da jedoch trotz der Anwendung von Regeneratoren eine günstige Wärmeausnutzung der offenen Heissluftmaschinen nicht erzielt wird, so sind auch nur vorübergehend wenige Maschinen (Ericsson, Wilcox, Redtenbacher) nach diesem Grundgedanken zur Ausführung gelangt.

II. Geschlossene Heissluftmaschinen.

Bei einer geschlossenen Heissluftmaschine vollzieht sich der Vorgang in der Weise, dass ein und dieselbe Luftmenge in einem Feuertopf erwärmt wird, darauf unter Expansion in dem Arbeitscylinder an den Arbeitskolben die Arbeit abgiebt und sodann durch weitere Wärmeentziehung und Verdichtung auf den ursprünglichen Ausgangszustand zurückkehrt, um denselben Kreisprozess beliebig oft zu wiederholen.

Die schematische Figur 490 veranschaulicht den genannten Vorgang und diejenigen Organe, welche denselben vollziehen. Man erkennt in T den Feuertopf über der Feuerung F und zwar in Verbindung mit einem Cylinder H in dem ein Kolben V sich befindet, der sich mit Spielraum in demselben bewegt, so dass die eingeschlossene Luft je nach der Bewegungsrichtung dieses Kolbens (Verdränger) nach unten oder nach oben verdrängt wird. Der obere Teil dieses Cylinders H besteht aus einer Doppelwand, die zur Aufnahme von Kühlwasser dient. Der eigentliche Arbeitskolben A bewegt sich in dem Arbeitscylinder C, der durch den Kanal c mit dem Verdrängercylinder H in Verbindung steht. Bei der Aufwärtsbewegung von V gelangt die über V befindliche abgekühlte Luft durch den Zwischenraum in den Feuertopf T, um hier die entsprechende Wärme aufzunehmen. Infolgedessen dehnt sie sich aus, dringt durch c in den Arbeitscylinder C und treibt den Kolben A in die Höhe zum Zwecke der Arbeitsverrichtung, d. h. der Übertragung von Arbeit mittels Kurbel k auf eine Welle w, welche mit Schwungrad versehen ist. Mit Hilfe der in letzterem angesammelten lebendigen Kraft wird so dann beim Niedergang des Treibkolbens A die Luft in C komprimirt durch c in den Verdrängercylinder zurückgepresst und in den Kühlraum gedrängt. Hierzu ist der Verdränger V mit thätig, da er sich gleichzeitig abwärts bewegt und die Luft von unten nach oben in den Kühlraum drängt. Der Abkühlung entsprechend erfährt die Luft also eine Spannungsabnahme, so dass durch den genannten Vorgang eine Arbeit gewonnen wird, welche gleich ist der Arbeit derjenigen der Expansion abzüglich derjenigen der Kompression.

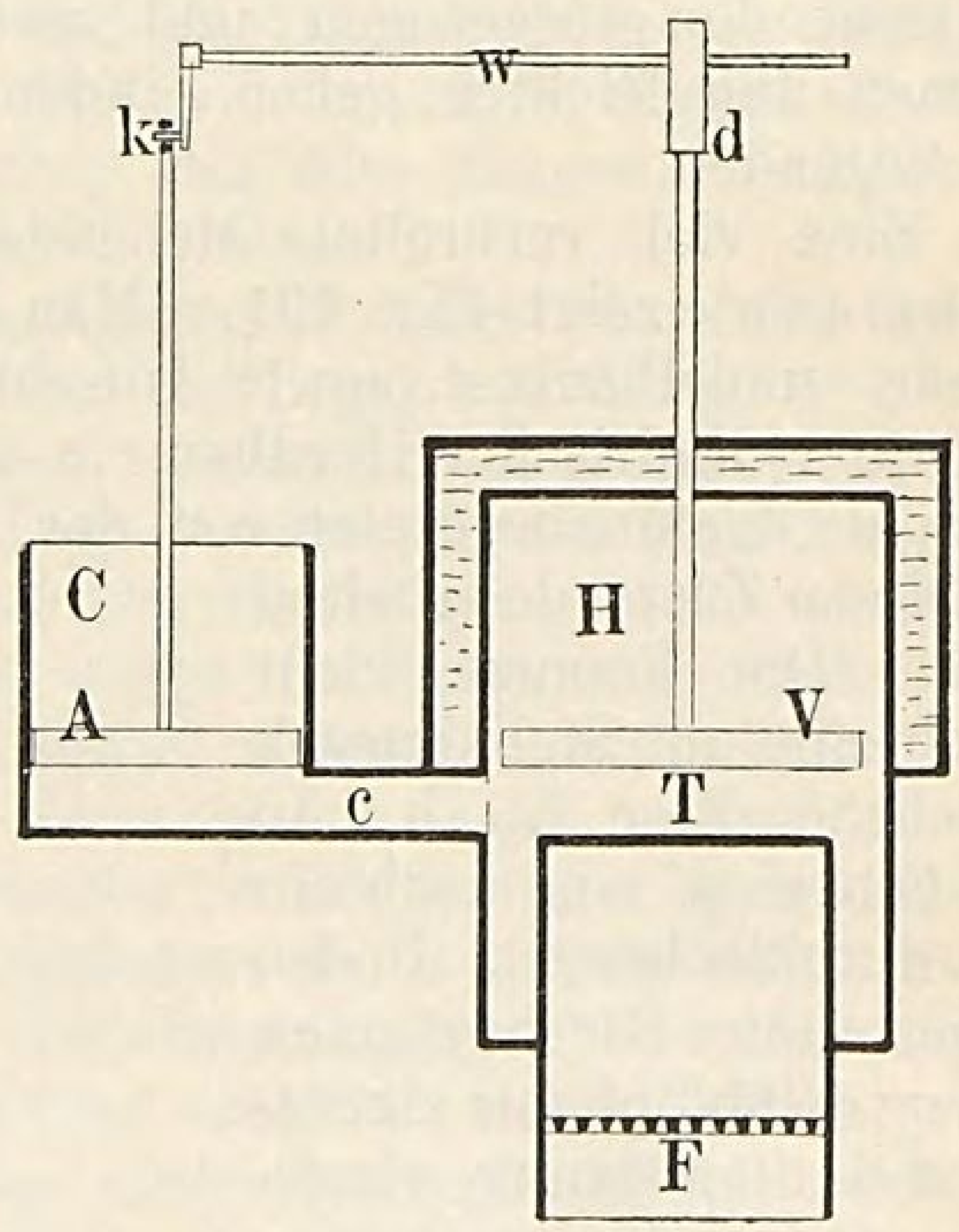


Fig. 490.

Infolge des in den geschlossenen Maschinen sich vollziehenden günstigen Kreislaufes ist eine grosse Ausbeute der Wärme unter Gewinnung von Arbeit gegenüber den offenen Maschinen möglich, weil die letzteren zum Betriebe voraussetzen, dass für jeden Kolbenhub eine gewisse Menge Luft neu angewärmt wird und ausserdem die gebrauchte Luft bei verhältnissmässig hoher Temperatur entlassen wird, während dahingegen in den geschlossenen Maschinen die stetige Vorwärmung geringer ist und das Ent-

lassen stark erwärmter Luft wegfällt. Um übrigens auch bei den geschlossenen Heissluftmaschinen noch einen Teil der Wärme einzubringen, welche durch die notwendige Abkühlung der Luft innerhalb der Maschine verloren geht, hat man ebenfalls vielfach Regeneratoren an passender Stelle eingeschaltet.

Bezüglich der konstruktiven Anordnung sind zwei Hauptausführungen zu unterscheiden in sofern als zur abwechselnden Erhitzung und Abkühlung der Luft nur ein Cylinder dient oder als sowohl zur Erhitzung als zur Abkühlung ein besonderer Cylinder zur Anwendung kommt. — Ausserdem unterscheidet man je nach der Art der Cylinderaufstellung noch liegende und stehende Maschinen. Von diesen werden im allgemeinen die stehenden vorgezogen und zwar deshalb, weil sie weniger Platz einnehmen und leichter gehen, indem sie weniger Reibung verursachen, als die liegenden.

Eine viel verbreitete stehende Heissluftmaschine mit einem Cylinder (Lehmann) zeigt Fig. 491. Man erkennt zunächst die Feuerung F mit Schräg- und Planrost, sowie Aufschütttrichter a. An diese Feuerung schliesst sich ein cylindrischer Herdbau, in welchem sich der gusseiserne Feuertopf t befindet, der unausgesetzt von der Flamme umspült und dadurch in einem rotheissen Zustande erhalten wird. Die Flamme zieht durch eine mit Stellklappe k versehene Esse E ab. In den Feuertopf t ist noch ein mit durchlöchertem Boden ausgestatteter Blechcylinder, der sog. Glühtopf, zur eigentlichen Lufterhitzung eingesetzt, der an dem gusseisernen Cylinder d festsitzt. Dieser Cylinder d dient als Arbeitscylinder für einen inneren mit f bezeichneten Blechcylinder, der die Aufgabe des Verdrängers hat und durch die Querwand n abgesteift ist. Der eigentliche Arbeitscylinder bildet den oberen Teil A. In demselben bewegt sich der Plungerkolben K als Arbeitskolben, mit Lederstulpen (S. 125) gedichtet und mit zwei Schubstangen i an zwei Krummzapfen z angehängt, welche die Kolbenbewegung auf die mit dem Schwungrad S versehene Betriebswelle überträgt.

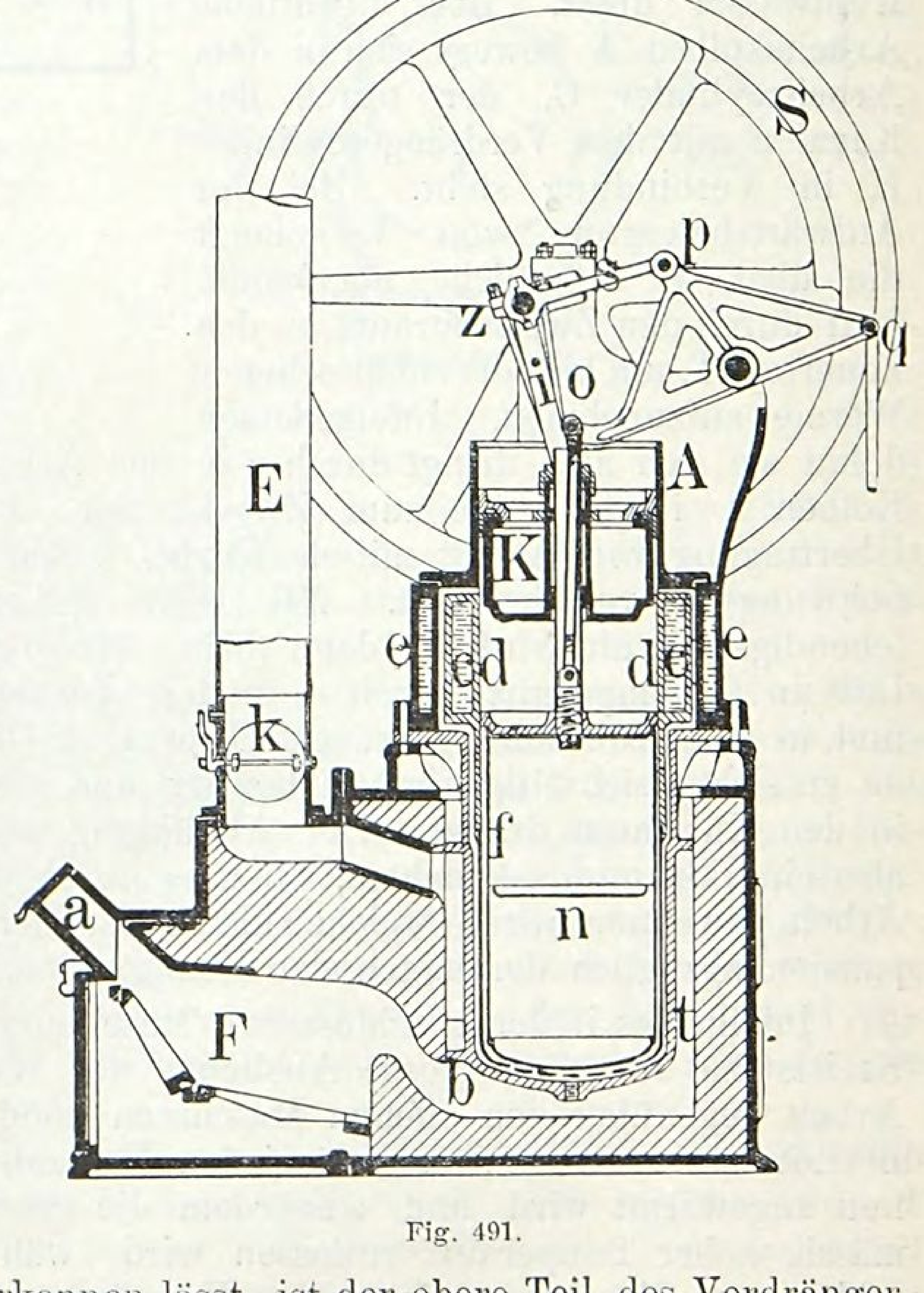


Fig. 491.

Wie die Figur weiter erkennen lässt, ist der obere Teil des Verdränger-

cylinders d mit zwei konzentrischen Kühlwassermänteln c und e umgeben, welche zwischen sich einen Spielraum lassen, der sich nach oben in den Arbeitscylinder A nach unten in den Raum zwischen Feuertopf und Glühtopf fortsetzt und eine Verbindung zwischen dem Arbeitscylinder und dem Erhitzungsraum herstellt. Die Luft passirt also vom Arbeitscylinder nach dem Heizraum erst den Ringraum zwischen den Kühlwassermänteln c und e, sodann zwischen dem Feuertopf t und dem Glühtopf, um dann durch die Löcher im Boden des letzteren in den Verdrängerraum d d zu gelangen. Die abwechselnde Erwärmung und Abkühlung der Luft erfolgt nun dadurch, dass der Verdränger die eingeschlossene Luft abwechselnd in den Feuertopf oder zwischen die Kühlwassermäntel drängt.

Die Übertragung der Bewegung auf den Verdränger geschieht mit Hilfe des Winkelhebels o p q, der durch die Stange von einer Gegenkurbel in Schwingung geräth und diese Schwingung von dem Bolzen o aus durch eine Stange auf den Verdränger fortpflanzt.

Die Wirkungsweise und das Bewegungsgesetz dieser Maschine ergiebt sich nun aus folgendem. Bewegt sich der Verdränger f abwärts, so drückt er die Luft nach oben in diejenigen Teile, welche zur Abkühlung dienen; bewegt er sich aufwärts, so gelangt die Luft abwärts in den Heizraum und erhitzt sich; sobald nun hiebei der Raum im Feuertopf grösser wird, als im Arbeitscylinder unter dem Kolben, so steigt die Spannung der Luft im Feuertopf und presst die kühlere Luft gegen den Arbeitskolben, der dadurch nach oben gedrängt wird und die aufgenommene Arbeit an die Kurbelwelle abgiebt. Nachdem dies geschehen ist erfolgt unter gleichzeitiger Abkühlung der Luft und Umkehr des Verdrängers die Rückkehr des Arbeitskolbens mit Hilfe der lebendigen Kraft des Schwungrades. — Um diesen Wechsel in günstiger Weise durchzuführen, erhalten beide Kolben gegen einander eine Bewegung wie die Kolben einer Kompounddampfmaschine, nur mit dem Unterschiede, dass die Kurbeln um 65° gegen einander verstellt sind.

Als Beispiel einer Heissluftmaschine mit zwei Cylindern mag die in Fig. 492 dargestellte (Rider) gelten. Über der Feuerung F hängt der Feuertopf a nach innen umgestülpt und mit Heizrippen versehen, um eine möglichst grosse Heizfläche darzubieten und nach oben zu dem Arbeitscylinder A verlängert. In diesem Cylinder befindet sich der Arbeitskolben f in der Gestalt eines langen Blechrohres, dessen obere Hälfte sich an die Cylinderwand anlegt und bei d mit Ledermanschetten abgedichtet ist, während die untere Hälfte einen kleineren Durchmesser bekommt, damit zwischen Kolben und Cylinder ein Ringraum bleibt, in den die Luft behufs schneller Erwärmung eintritt. Desgleichen ist in die untere Cylinderhälfte noch ein Blechrohr eingesetzt, das die Luft zwingt, durch den engen Ringraum und an den Heizrippen des Feuertopfes hinzustreichen. Zum Schutze der bei d angebrachten Lederabdichtung befindet sich in dem Cylinderkopf unter dieser Dichtung ein ringförmiger Kanal, der von kaltem Wasser durchströmt wird.

Parallel mit dem Cylinder A steht der Cylinder B, der die Abkühlung der Luft bezweckt und deshalb mit dem von Kühlwasser durchflossenen Mantel c c umgeben ist. In diesem Kühlcylinder bewegt sich der lange Taucherkolben n, ebenfalls durch Ledermanschetten d abgedichtet und unten einen ringförmigen Spielraum lassend, durch den die Luft gezwungen wird, in

einer sehr dünnen, nur einige *mm* dichten Schicht an den Kühlflächen aufzusteigen, wenn der Kolben sich abwärts bewegt.

Die Verbindung zwischen den beiden Cylindern vermittelt der Kanal C, der durch eingesetzte dünne gusseiserne Platten in einen Regenerator verwandelt ist. Die Luft passirt auf dem Wege von einem Cylinder zum andern, die nur etwa 2 *mm* weiten Zwischenräumen dieser Platten, giebt in der Richtung vom heissen zum kalten Raum an dieselben Wärme ab und wärmt sich infolgedessen auf dem umgekehrten Wege vor.

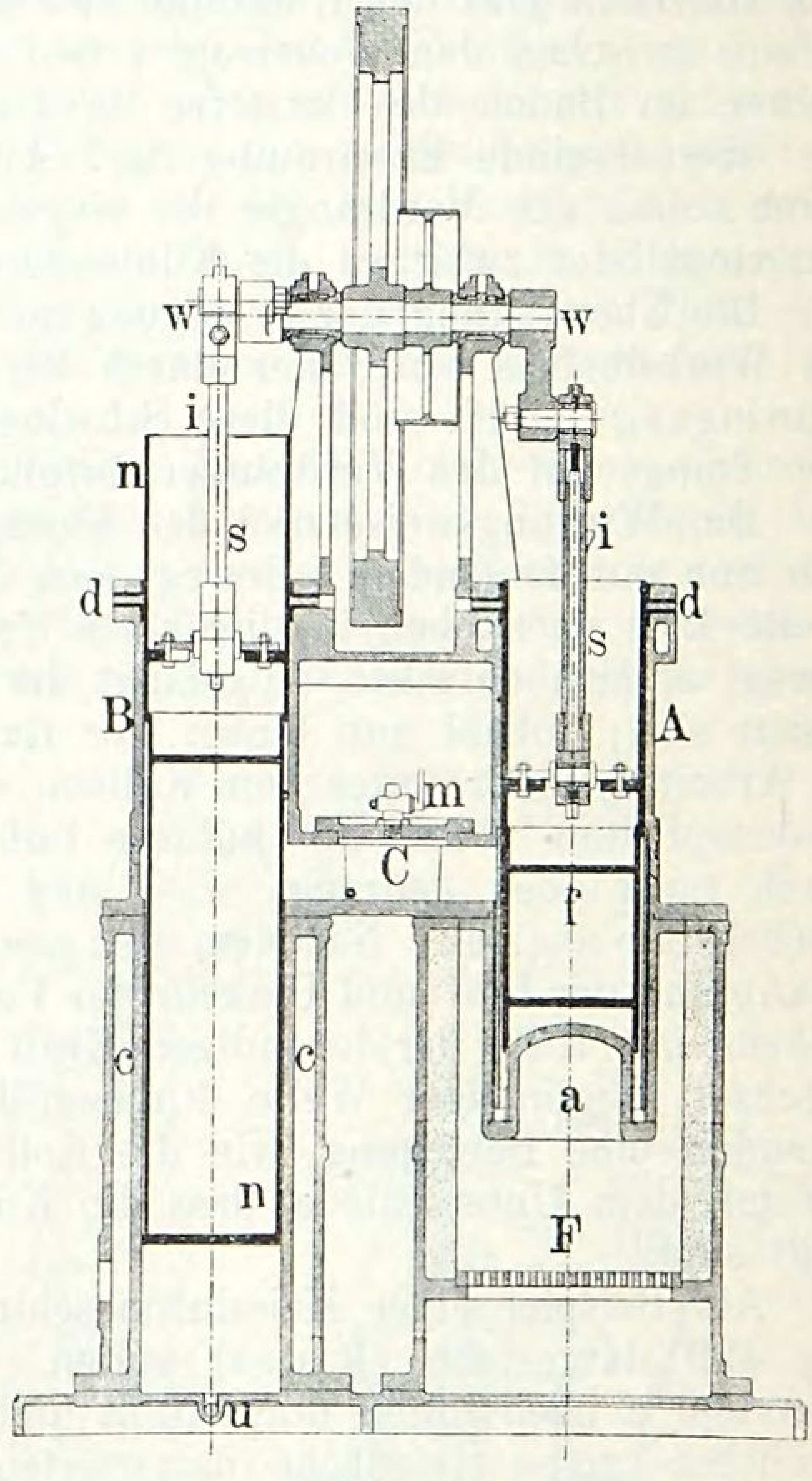


Fig. 492.

Beide Kolben sind vermittelst der Kolbenstangen s s mit den Kurbeln der Welle w w in Verbindung gebracht. Diese Kolbenstangen sind hohl zur Aufnahme einer massiven Druckstange, welche sich oben gegen die Keile des Stangenkopfes und unten gegen die Lagerschalen stützt, mit welchen die Stange um einen eingelegten, mit einem Querstücke des Kolbens verbundenen Zapfen schwingt. Dadurch ist es möglich, die oberen und unteren Lager zugleich anzuziehen, sowie die unteren Lager von den Schmierdüten i i aus zu schmieren, indem das Schmieröl an der Druckstange herunterläuft.

Bezüglich der Wirkungsweise ist zunächst hervorzuheben, dass die Kurbeln um 95° gegen einander verstellt sind und dass der Kolben f voreilt. Zuerst geht vom höchsten Stande f langsam abwärts, n schnell aufwärts; die Luft tritt vom Heizcylinder in den kalten Raum, so dass sich das Volumen allmählich vergrössert und die Spannung verkleinert; darauf geht f rasch abwärts und n langsam aufwärts, bis eine Vierteldrehung erfolgt: das Volumen vermindert sich wieder unter weiterer Abkühlung. Im zweiten Drehviertel gehen beide Kolben abwärts: die Luft wird in den Kühlcylinder gedrängt und komprimirt Im dritten Viertel geht f aufwärts, n abwärts: die gekühlte Luft tritt durch den Regenerator in den Feuertopf, expandirt und wirkt als Treibkraft auf den Kolben f, der bis zum vierten Viertel rasch aufsteigt, während n weiter abwärts geht. Im vierten Viertel steigen sodann beide Kolben gemeinschaftlich aufwärts und zwar f langsam und n rasch: die Luft wechselt die Richtung und tritt von dem Heizcylinder wieder in den Kühlcylinder z.

Verfolgt man diesen Vorgang, so findet man, dass die Maschine abwechselnd Arbeit leistet und verbraucht, so dass auch hier die Gesammtleistung der Differenz der geleisteten und verbrauchten Arbeit gleich ist.

Diese Arbeiten verteilen sich folgendermaassen nach Achtelumdrehungen:

Im ersten Achtel; Kolben n giebt mehr Arbeit her als Kolben f verbraucht: die Maschine leistet die Differenz.

Im zweiten Achtel; Kolben f verbraucht mehr als Kolben n leistet: die Maschine verbraucht die Differenz, welche dem Schwungrad entnommen wird.

Im dritten Achtel; beide Kolben verbrauchen Schwungradarbeit.

Im vierten Achtel; beide Kolben verbrauchen Schwungradarbeit.

Im fünften Achtel; Kolben f bringt weniger Arbeit hervor, als Kolben n verbraucht: Die Maschine verbraucht Schwungradarbeit.

Im sechsten Achtel; der Kolben f giebt mehr Arbeit an die Welle ab als n verbraucht: Die Maschine leistet die Differenz.

Im siebenten und achten Achtel; beide Kolben leisten Arbeit.

Um unvermeidliche Luftverluste zu ersetzen, führt aus dem Cylinder B ein Kanal u zu einem Ventil, das sich selbstthätig öffnet, sobald die Spannung im Cylinder unter den Atmosphärendruck sinkt und sich schliesst, sobald sie diesen erreicht hat. — Der Entlüftungshahn m dient beim Aussergangsetzen der Maschine zum Ablassen der Luft, um die Verbrennung des Feuertopfes zu verhüten, weil zugleich der Wasserdurchfluss aufhört, der durch eine von der Maschine getriebene Druckpumpe bewirkt wird.

Als Brennmaterialverbrauch ist durchschnittlich im Mittel, einschliesslich des auf 10 Stunden zu verteilenden Anheizens, stündlich für die Pferdestärke zu rechnen 6 bis 6,5 *kg* Koks, 7,5 bis 9 *kg* Steinkohlen, oder 12 bis 13 *kg* Braunkohlen.

Zweites Kapitel.

Feuerluftmaschinen.

In den Feuerluftmaschinen dienen als motorische Substanz diejenigen heissen Gase, welche bei der Verbrennung fester Brennstoffe entstehen und zwar in der Weise, dass sie in einem geschlossenen Cylinder das Arbeitsvermögen einem Kolben mitteilen, der dasselbe auf eine Kurbelwelle überträgt.

Um den dieser Wirkungsweise entsprechenden Vorgang zur Durchführung zu bringen, ist naturgemäss notwendig für jede einzelne Kraftentwicklung beziehungsweise für jeden Kolbenhub eine bestimmte Menge Gase von bestimmter Spannung zu erzeugen und nach deren Verwendung aus der Maschine zu entlassen, wodurch den Feuerluftmaschinen der Charakter der offenen Luftmaschinen zukommt. Da ausserdem diese Wirkungsweise die Erzeugung der heissen Gase unter Spannung bedingt, so muss die Verbrennung in einem Feuerraum vollzogen werden, der überall abgeschlossen ist, daher man diese Motoren auch als offene Luftmaschinen mit geschlossener Feuerung ansehen kann.

Die Verbrennung in einer geschlossenen Feuerung setzt aber voraus, dass die Verbrennungsluft unter einer gewissen Pressung zugeführt wird, so dass demnach der ganzen Wirkungsweise gemäss, die Feuerluftmaschinen zusammen zu setzen sind aus einer Luftpumpe zum Ansaugen und Zusammenpressen der Luft, aus einem geschlossenen Verbrennungsraum, aus

einem Arbeitscylinder mit Kolben und aus den kraftübertragenden sowie regulirenden Teilen.

Zur Erläuterung einer Feuerluftmaschine mag die in Fig. 493 dargestellte unter dem Namen Hock's Sparmotor bekannt gewordene dienen. Der luftdicht abgeschlossene Feuerraum H besteht aus einem Kreisrost, Aschenfall, Herd und Auffülltrichter N, der durch eine hermetisch schliessende Thür gefüllt wird, und in dem sich ein Ventil befindet, das durch eine Schraube geöffnet, das Brennmaterial auf den Rost fallen lässt.

Über dem Feuerraum steht der Arbeitscylinder A, dem die im Feuerraum gebildeten und gespannten Gase durch den punktirt angedeuteten Kanal und ein in a angebrachtes Einlassventil zugeführt werden, um das Arbeitsvermögen an den Kolben B abzugeben. Von dem Kolben B gelangt die Arbeit vermittelst der Kolbenstange L und eines Krummzapfens auf die mit Schwungrad S versehene Betriebswelle. — Bei der Abwärtsbewegung des Kolbens schliesst sich das genannte Einlassventil a, während sich ein anderes daneben sitzendes Auslassventil öffnet um die gebrauchten Gase zu entlassen.

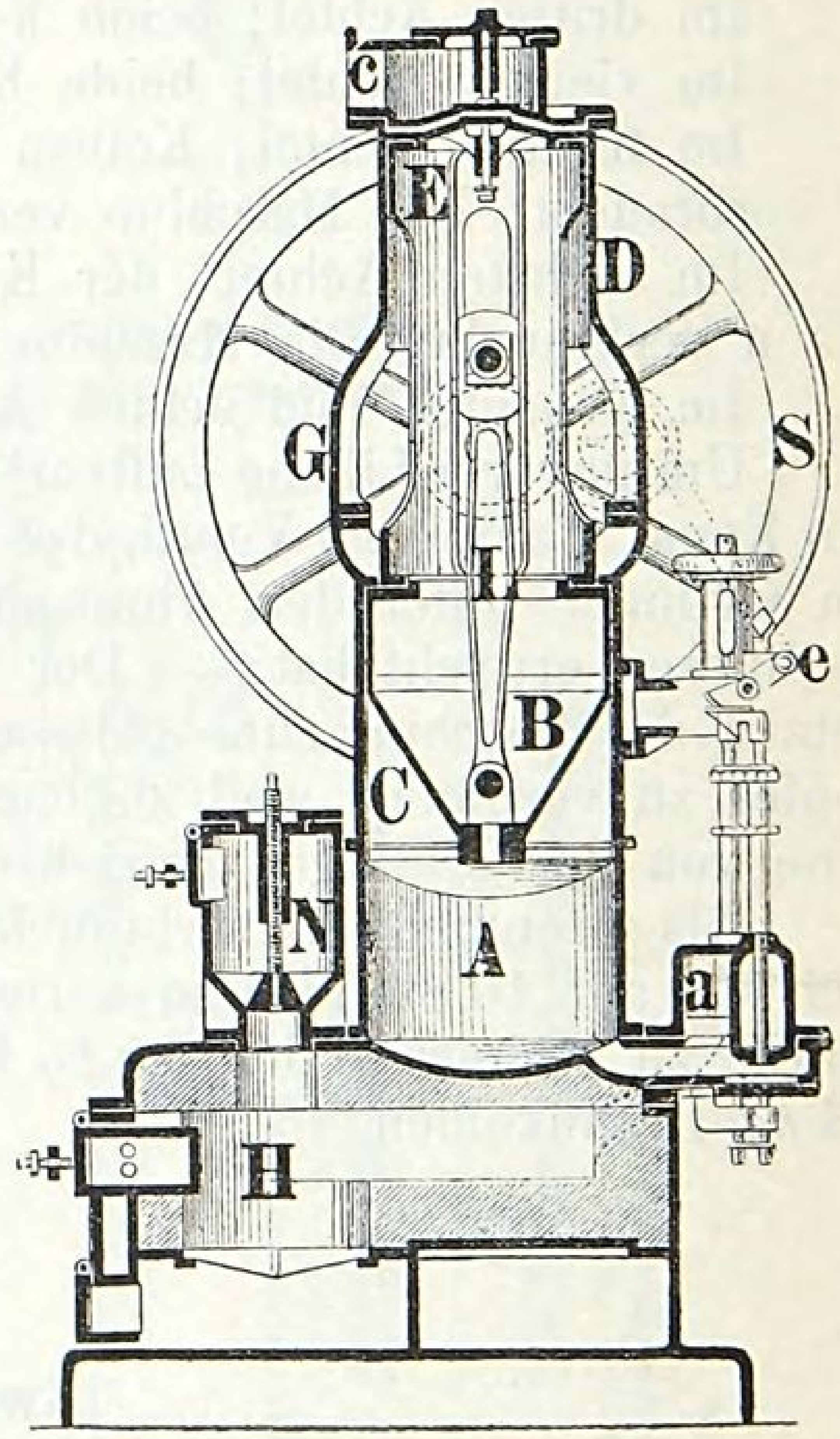


Fig. 493

Mit dem Kolben B durch ein Rohrstück verbunden, bewegt sich gleichzeitig mit demselben der Kolben E in dem Cylinder D als Luftpumpenkolben. Derselbe saugt bei seiner Abwärtsbewegung frische atmosphärische Luft an und drückt diese Luft durch das Rohr C in den Feuerraum zum Teil über zum Teil unter dem Rost ein, um das Brennmaterial (Koks) zum kräftigen Verbrennen zu bringen und um damit eine entsprechend hohe Spannung der Gase zu erzeugen. Ein bei C sichtbarer Blechmantel dient zum Abhalten der intensiven Hitze von der Kolbenstangenbefestigung und der Stulpdichtung.

Die Steuerung der Ventile im Gehäuse a erfolgt von der Schwungradwelle aus mittels Zahnräder und einer punktirt gezeichneten Kurbelstange, welche eine mit Daumen versehene Welle e in Schwingung versetzt und somit diese Daumen auf die Ventilstangen zur Wirkung bringt.

Zur Ausgleichung bedeutender Widerstandsänderungen ist ein Luftventil vorhanden, welches, bei Überschreitung bestimmter Geschwindigkeit, von einem Zentrifugalregulator geöffnet, einen Teil der komprimirten Verbrennungsluft ausströmen lässt. — Der Koksverbrauch dieser Maschine beträgt durchschnittlich etwa 4,25 *kg* pro Stunde und Pferdestärke. — Ein nennenswerter Vorteil derselben liegt in der Entbehrlichkeit des Kühlwassers und in dem geringen Platzbedarf.

Zu den neuesten Feuerluftmaschinen gehört die in Fig. 494 veranschaulichte (Bénier). Die Feuerung F befindet sich in dem unten mit

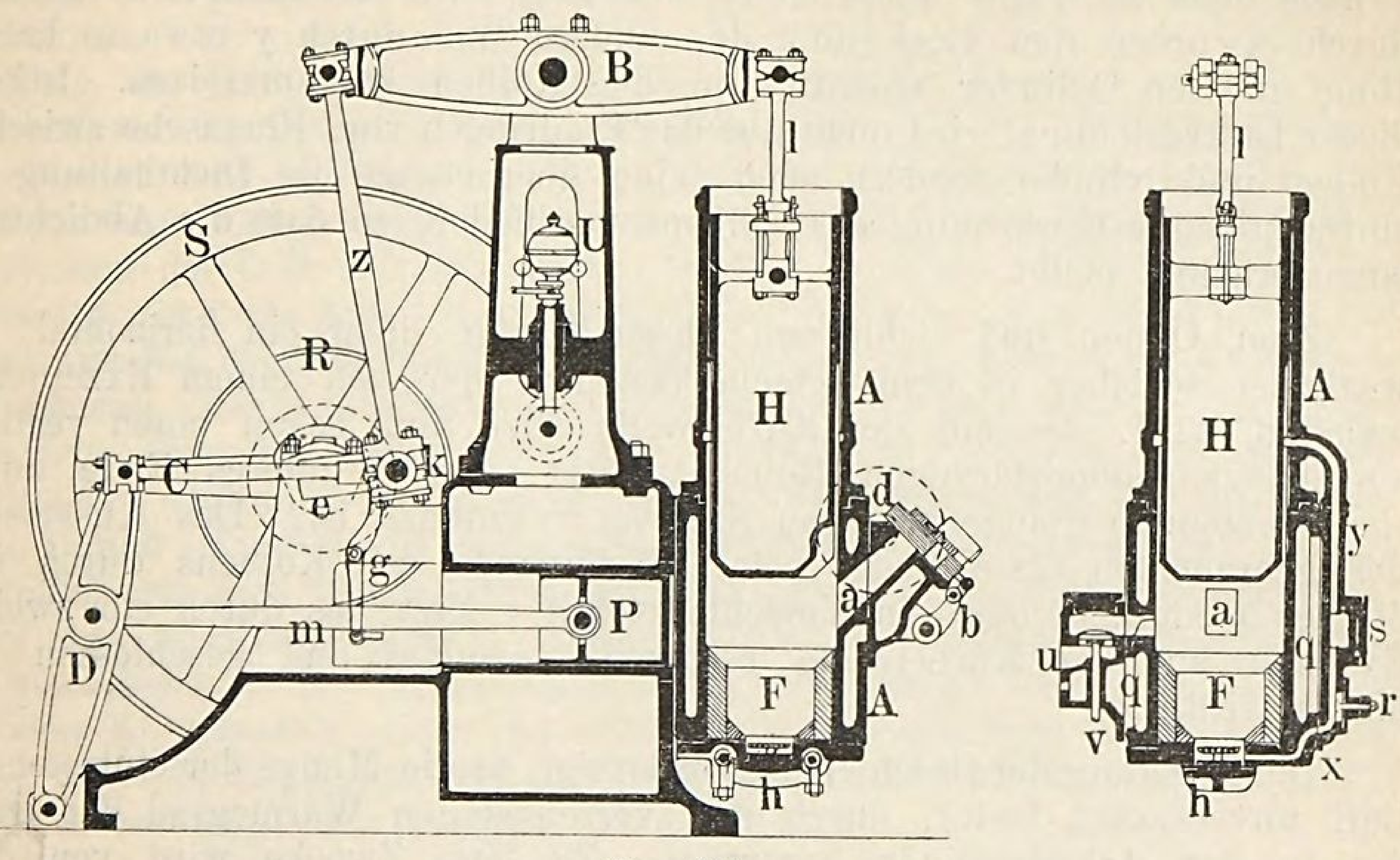


Fig. 494.

Graphit ausgekleideten Teil des Arbeitscylinders A und ist eine gewöhnliche Rostschachtfeuerung mit dem Fülltrichter a. Der letztere ist mit einem Schieber d abgeschlossen, der von einem Hebel b hin- und herbewegt wird und, wie die Figur erkennen lässt, bei jeder Aufwärtsbewegung unter Luftabschluss eine gewisse Menge Koksstücke dem Ofen zuführt, so dass eine sehr regelmässige Speisung stattfindet. Die Koksstücke fallen dabei aus einer über dem Schieber liegenden Drehtrommel zu.

In dem Arbeitscylinder A bewegt sich der lange Taucherkolben H mit dem oberen Teil dicht anliegend, mit dem unteren Teil jedoch um etwa 1 *mm* von der Cylinderwand abstehend, so dass ein ringförmiger Zwischenraum vorhanden ist. — Die im Feuerraum durch heftiges Verbrennen entstehenden gespannten Gase treiben den Kolben nach oben, der nun seinerseits mittels Pleuelstange l, Balanzier B, Schubstange z und Kurbel k die mit Schwungrad S versehene Welle in Umdrehung versetzt, von welcher die Kraft durch die Riemenscheibe R an die Transmission etc. abgegeben wird.

Das Einpressen der Verbrennungsluft erfolgt mit Hilfe der Pumpe P. Der Kolben dieser Pumpe ist mit der Stange m an die Schwinge D angehängt, welche durch die an dem Krummzapfen k angreifende Schubstange C in Schwingung versetzt wird. Der Erfolg dieser Anordnung besteht darin, dass die Luft angesaugt wird, während der Kolben H die letzte Hälfte des Weges aufwärts und die erste Hälfte des Weges abwärts zurücklegt. Während der zweiten Hälfte des Kolbenniederganges dahingegen wird die angesaugte Luft zusammengedrückt (zu etwa 1 *Atm.* Überdruck), so dass sie bei Beginn des Kolbenaufganges unter der erhaltenen Pressung in den Feuerraum einströmt und zwar so lange, bis der Kolben die halbe Länge des Hubes aufwärts zurückgelegt hat.

Die Verbindung der Luftpumpe P mit dem Feuerraum erfolgt durch einen in der Cylinderwand bei x sichtbaren Kanal, der sich zugleich bei y nach oben abzweigt. Dadurch ist bezweckt, dass der Hauptteil der Luft durch x unter den Rost und der andere Teil durch y etwa in halber Höhe in den Cylinder eintritt, um den Kolben zu umkreisen. Infolge dieser Luftverteilung wird nicht nur das Eindringen von Flugasche zwischen Kolben und Cylinder sondern auch eine übermässige die Dichthaltung beeinträchtigende Erwärmung des Kolbens vermieden, so dass die Abdichtung lange erhalten bleibt.

Zum Öffnen und Schliessen dieser Kanäle dient ein horizontal beweglicher Schieber in dem Schieberkasten s, der von einem Exzenter e bethätigt wird, das auf der Kurbelwelle sitzt und gegen einen vertikal aufgehängten doppelarmigen Hebel g wirkt, dessen unteres Ende durch eine horizontale Stange mit dem Schieber verbunden ist. Das Ausstossen der gebrauchten Gase findet beim Niedergange des Kolbens durch den Stutzen u statt, in dem ein Verschlussventil v sitzt, das durch ein zweites Exzenter auf der Kurbelwelle rechtzeitig geöffnet und geschlossen gehalten wird.

Die Regelung der Geschwindigkeit erfolgt, da die Menge der eintretenden Luft unverändert bleibt, durch den verschiedenen Wärmegrad der Gase, die in den Arbeitscylinder eintreten. Zu dem Zwecke wird von dem Regulator U ein besonderer Hahn r bewegt, der die durch x und y gedrückte Luft in der Weise verteilt, dass mit zunehmender Geschwindigkeit mehr Luft durch y in den Ringraum zwischen Kolben tritt, weil in demselben Maasse, in welchem weniger Luft unter den Rost gelangt auch die Spannung abnimmt und umgekehrt.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass der untere im Feuer liegende Teil des Arbeitscylinders zur Verhütung des Verbrennens einen Kühlwassermantel q erhält und dass der Boden des Aschenfalles durch eine Klappe k gebildet wird, um ein schnelles Entfernen der Verbrennungsrückstände zu ermöglichen.

Sorgfältig angestellte Untersuchungen haben bei einer 4 pferdigen Maschine dieser Konstruktion einen stündlichen Koksverbrauch von 1,65 *kg* für eine Pferdestärke ergeben.

In neuester Zeit hat die Klasse der Feuerluftmaschinen einen Zuwachs erfahren durch eine Kraftmaschine (Diesel-Motor), welche deshalb eine besondere Aufmerksamkeit verdient, weil bei derselben ein vollkommen anderer Weg zur Erhöhung des Wirkungsgrades, also zur besseren Ausnutzung der in dem Brennmaterial aufgespeicherten Wärmearbeit, eingeschlagen wird, der sich durch folgende Betrachtungen kennzeichnet.

Wird in einem Cylinder mittels eines Kolbens Luft eingesaugt und darauf zusammengedrückt, so erhitzt sich dieselbe (S. 206 u. f.) (indem die aufgewendete Arbeit sich in Wärme umsetzt) in einem Grade, der von der aufgewendeten Arbeit abhängt und dieser proportional ist. Die Kompression bietet daher ein Mittel brennbare Stoffe zu entzünden, wenn sie soweit getrieben wird, dass die Luft Glühtemperatur annimmt und in diesem Zustande mit den Brennstoffen in Berührung kommt. Es gehört z. B. eine

Kompression auf 45 *Atm.* dazu, um eine Temperatur von 600° C und eine solche von 90 *Atm.* um eine Temperatur von 800° C hervorzubringen. Bringt man daher durch besondere Vorrichtungen in den mit solcher komprimirten Luft versehenen Cylinder Brennstoff z. B. Kohle in feiner Verteilung als Kohlenstaub oder Staub von Erdöl, Benzin etc. oder einen Strom von Leuchtgas u. dergl. so entzündet sich derselbe augenblicklich, verbrennt und erhöht, wenn die Luft ihr Volumen nicht ändert, deren Druck und Temperatur; lässt man aber während der Brennstoffzufuhr das Volumen der Luft sich vergrössern, indem der Kolben nach einem gewissen Gesetze vorwärts geht, so kann man die Wärme, welche die nacheinander eintretenden Brennstoffpartikel erzeugen, durch eine gleichzeitig stattfindende Expansion der Luftmasse wieder aufheben, sodass eine Verbrennungsperiode ohne Erhöhung oder ohne wesentliche Erhöhung der Temperatur also eine isothermische Verbrennung (S. 482) stattfindet; man kann ferner an irgend einer Stelle die Brennstoffzufuhr unterbrechen und die Luft, ähnlich wie den Dampf der Dampfmaschinen, weiter expandiren lassen bis auf den ursprünglichen — atmosphärischen — Druck. Da die Luft bei Unterbrechung der Brennstoffzufuhr entsprechend der vorhergegangenen hohen Kompression noch einen sehr hohen Druck hat, so wird sie durch die folgende Expansion sehr stark abgekühlt und verlässt dann die Maschine mit einem möglichst geringen Wärmeverlust.

Der unter diesen Umständen verlaufende Vorgang wird durch nebenstehendes Diagramm (Fig. 495) allgemein vergegenwärtigt. Hierin bedeutet.

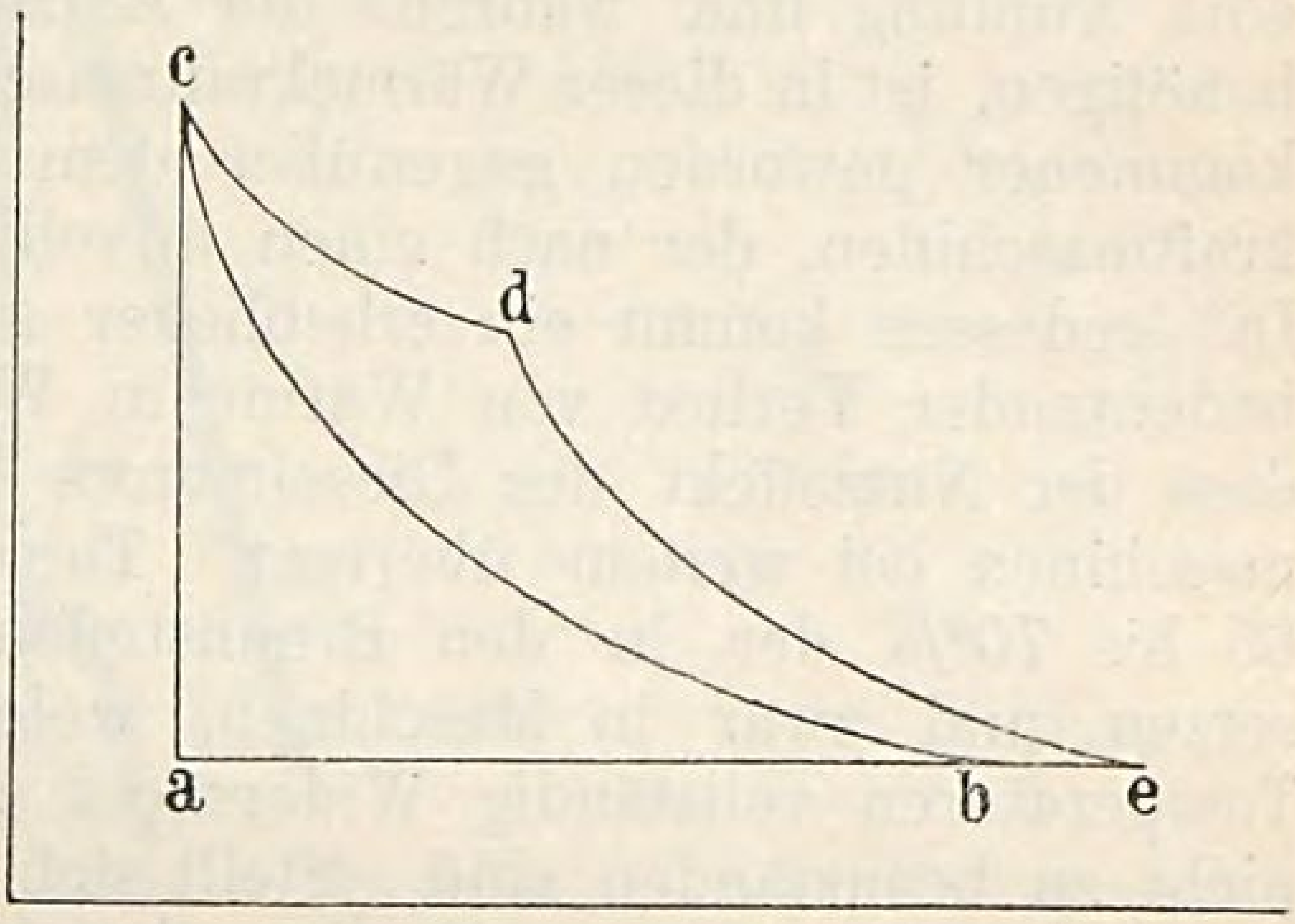


Fig. 495.

a b die Periode des Ansaugens frischer Luft aus der Atmosphäre,

b c die Periode der Kompression auf einen solchen Druck, dass im Punkte c nicht nur die Entzündungs-Temperatur des Brennstoffes, sondern eine noch höhere, nämlich diejenige, bei welcher sich später die Verbrennung vollzieht, also Verbrennungstemperatur herrscht,

c d die Periode der Brennstoffzufuhr, die derart durch die Steuerung geregelt wird, dass während derselben keine wesentliche Temperaturschwankungen vorkommen,

d e die Periode der Expansion der heissen Gase bis auf den Ursprungsdruck und entsprechend niedrige Temperatur,

e a die Periode des Ausstossens der gekühlten Gase und Verbrennungsrückstände.

Die Fläche b c d e stellt demnach die indizirte Nutzarbeit (S. 507) dar.

Ferner lässt dieselbe Figur erkennen, dass der ganze Vorgang sich nur einmal in je vier Kolbenhüben abspielt, also unter der Voraussetzung, dass die Kolbenbewegung auf eine Kurbelwelle übertragen wird, während zwei Wellenumdrehungen und zwar in der Weise, dass stattfindet

während der ersten Umdrehung: Ansaugen und Komprimiren,
" " zweiten " Verbrennen, Expandiren und Ausstossen.

Die in Rede stehende Maschine arbeitet demnach im sogen. Viertakt wie bei den gewöhnlichen Gaskraftmaschinen.

Ein Vergleich des geschilderten Vorganges mit demjenigen der gewöhnlichen Wärmekraftmaschinen und mit Bezugnahme auf den Carnot'schen Kreisprozess (S. 481) führt zu folgenden Ergebnissen. Während bei den gewöhnlichen Wärmekraftmaschinen die Aufnahme der vom Brennmaterial entwickelten Wärme nicht bei höchster sondern bei zunehmender Temperatur der Verbrennungsluft beziehungsweise der motorischen Substanz erfolgt, findet bei dem Diesel-Motor die Verbrennung in der Weise statt, dass die Verbrennungstemperatur (nicht Entzündungstemperatur) vorher auf mechanischem Wege (Kompression) erzeugt, und bei dieser Temperatur der Brennstoff allmählich zugeführt, also die Verbrennung selbst bei der höchsten Temperatur bewirkt wird, wobei sich die entwickelte Verbrennungswärme sofort unter isothermischer Expansion in mechanische Arbeit umsetzt.

Indem also die Erzeugung der höchsten Temperatur nicht durch Verbrennung demgemäss auch nicht bei Wärmezufuhr von aussen sondern vielmehr bei konstanter Temperatur (isothermisch) und die Expansion ohne Zufuhr und Ableitung von Wärme (adiabatisch) erfolgt und zwar ohne zur Erhaltung einer konstanten Temperatur, während der Kompressionsperiode eine Kühlung und während der Expansionsperiode eine Wärmezufuhr zu benötigen, ist in dieser Wärmekraftmaschine der Carnot'sche Prozess ein vollkommener geworden gegenüber dem Vorgange in den anderen Wärmekraftmaschinen, der nach einen unvollkommenen Kreisprozesse verläuft. — Infolgedessen kommt ein erheblicher Aufwand von Brennstoff sowie ein bedeutender Verlust von Wärme in Wegfall, was weiter zur Folge hat, dass der Nutzeffekt des Dieselmotors denjenigen der anderen Wärmekraftmaschinen bei weitem überragt. Theoretisch lassen sich mit demselben 65 bis 70% der in den Brennstoffen enthaltenen Wärme in Arbeit umsetzen und zwar in Maschinen, welche sowohl den Drucken, als den Temperaturen vollständig Widerstand zu leisten vermögen also praktisch nicht zu beanstanden sind. Stellt sich in Wirklichkeit der Nutzeffekt selbst nur auf 40%, so übertrifft derselbe doch denjenigen der besseren Dampfmaschinen um das vierfache.

Die wesentliche Anordnung des Dieselmotors geht aus Fig. 496 hervor. Auf dem gusseisernen Hohlgestelle GG befindet sich der zur einfachen Wirkung bestimmte Arbeitscylinder C mit dem Plungerkolben P, welcher an die Geradführung a angeschlossen und mittels der Pleuelstange b und einer Kurbel auf gewöhnliche Weise mit der Schwungradkurbelwelle verbunden ist, welche ihre Lagerung unmittelbar auf der Maschinengrundplatte findet.

Der Deckel des Cylinders trägt einen trichterförmigen Behälter B, der zur Aufnahme von Kohlenpulver durch die seitwärts angebrachten Aufgabetrichter o dient und durch das gesteuerte Ventil v abgeschlossen wird. Zwischen dem Trichter B und dem Cylinder liegt das Steuerorgan, ein Hahn D, welcher die Bestimmung hat abgemessene Mengen des Kohlenpulvers dem Cylinderinneren im Augenblicke der höchsten Kompression zuzuführen. Zu dem Zwecke besitzt dieser Hahn (Fig. 497) eine

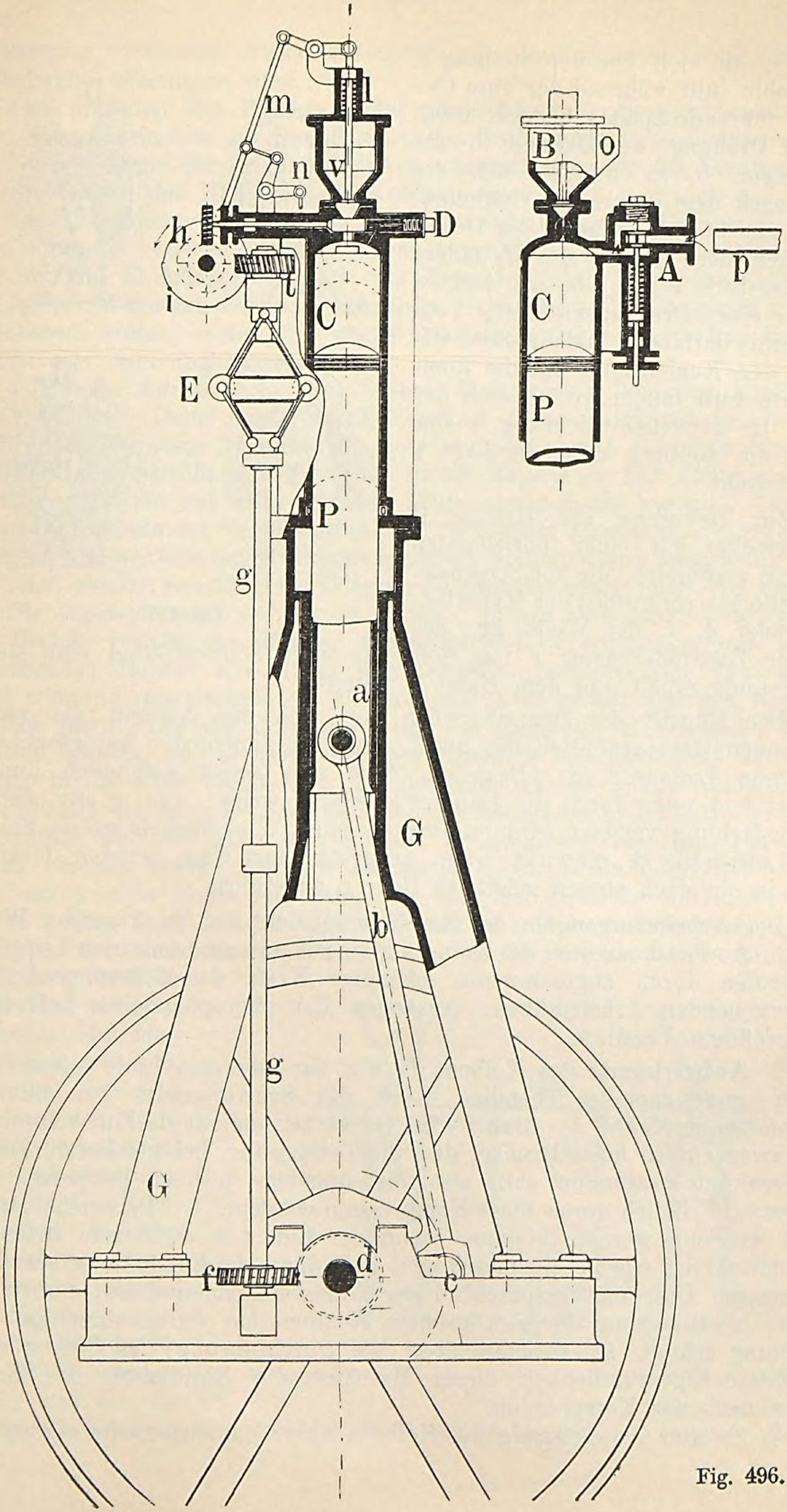


Fig. 496.

Rille r, die sich bei der Stellung a mit Kohle füllt während der zum Cylinder führende Spalt s bedeckt wird. Durch Drehung des Hahnes in die Stellungen b, c, wendet sich die Rille nach dem Innern des Cylinders. Dabei gleicht sich zunächst der Druck zwischen dem Innern des Cylinders und der Rille r aus, da das lockere Pulver einer Druckausgleichung kein Hindernis darbietet; sodann lässt die Rille den Kohlenstaub in die komprimirte Luft fallen, worauf sich der Hahn in derselben Richtung weiter durch die Stellung d in die Lage a zurückdreht.

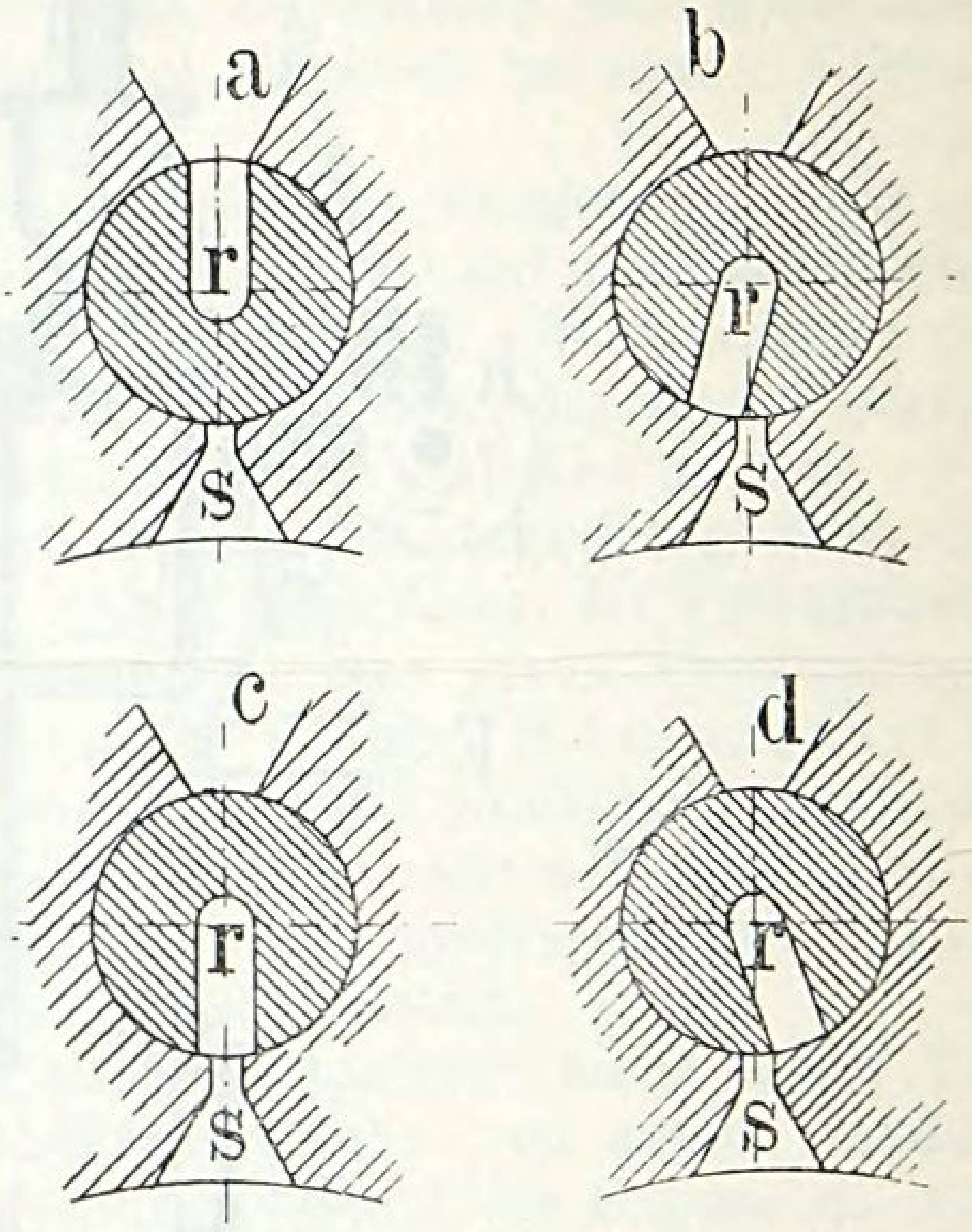


Fig. 497.

Zur Steuerung des Hahnes D ist derselbe mit einer horizontalen Achse h verbunden, die von Schwungradwelle aus vermittelst der Hyperbelzahnräder d, f, der Welle gg, des zweiten Zahnräderpaares t mit Schnecke und Schneckenrad eine stetige Umdrehung erhält und dem Hahn D mitteilt.

Den Eintritt der anzusaugenden Luft und den Austritt der auszustossenden Gase vermittelt das durch eine Schraubenfeder fest geschlossen gehaltene Luftventil A. Dasselbe öffnet sich selbstverständlich nur gesteuert und zwar durch die Daumenscheibe i, welche von g aus durch t in Umdrehung versetzt wird und mittels eines Winkelhebels auf die Spindel des Luftventils A einwirkt. Die ausgestossenen Gase werden blasrohrartig in ein nach aussen geleitetes Rohr p abgeführt.

Der Arbeitsvorgang in der Maschine vollzieht sich in folgender Weise:

1. Abwärtsbewegung des Kolbens P bis zur unteren punktirten Linie, hervorgerufen durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades aus vorhergehenden Arbeitshüben: Ansaugen der atmosphärischen Luft durch das geöffnete Ventil A.

2. Aufwärtsgang des Kolbens P bis zur obersten Linie immer noch durch angesammelte lebendige Kraft des Schwungrades bei nunmehr geschlossenem Ventil A. Dabei wird die vorher angesaugte Luft komprimirt, und zwar auf so hohe Drucke, dass die Temperatur, bei welcher die spätere Verbrennung stattfinden soll, also die ungefähr höchste Temperatur des Prozesses, lediglich durch diese Kompression entsteht. — Da solche Drucke nicht erreicht werden können, wenn der Luft von vornherein Brennstoff beigemischt ist wie bei Gasmaschinen, weil dann die Entzündung schon bei niedrigeren Drucken, entsprechend der Entzündungstemperatur, eintritt und somit Unterbrechung der gewünschten Kompression durch vorzeitige Verbrennung erfolgt, so verlangt eben die Durchführung des Prozesses als besondere Eigentümlichkeit dieser Maschine die Einführung des Brennstoffes nach der Kompression.

3. Zweiter Abwärtsgang des Kolbens unter Expansion oder eigentlicher

Arbeitsgang, während dessen die entwickelte mechanische Arbeit auf die Kurbelwelle übertragen wird.

Das Einfallen des Pulvers findet allmählich in vorgeschriebener Zeit statt; dabei bestimmen die Dimensionen des Einfallspaltes die Zeitdauer des Einfallens während der vorgeschriebenen Admissionsperiode des Brennstoffes, und die Grösse der Hahnrille die Kohlenmenge.

Die allmähliche Verbrennung findet also statt, bis der Kolben die unterste Stellung erreicht hat; in diesem Augenblicke ist die Hahnrille entleert und am Einfallspalt vorüber; die Brennstoffzufuhr hört also auf. Die Luft, gemischt mit den Verbrennungsgasen, expandirt selbstthätig und arbeitverrichtend weiter, wobei die ganze Gasmasse wegen des hohen Druckgefälles sehr weit abgekühlt wird.

4. Zweiter Aufwärtsgang des Kolbens P durch die lebendige Kraft des Schwungrades. Dabei wird durch Ventil A (oder durch ein besonderes Ventil) die Gasmasse blasrohrartig in das nach aussen führende Rohr p, abgeführt; da dieselbe schon vorher durch Expansion fast völlig gekühlt ist, so entführt sie nur unbedeutende Wärmemengen als Verlust. Die geringen Rückstände der Verbrennung sind in feinster Staubform in den rasch bewegten und wirbelnden Verbrennungsgasen enthalten und blasen mit aus.

Nach diesem zweiten Aufwärtsgang beginnt das ganze Spiel von neuem.

Die Ingangsetzung des Motors erfolgt, indem man durch eine, unter dem Deckel vorhandene Öffnung komprimirte Luft vermittels eines anzuschliessenden Rohres aus einem Vorrathsgefäss einführt, das vom Motor selbst während des Ganges mit komprimirter Luft gefüllt gehalten wird.

Zur Regulirung der Maschine dient ein Regulator E bekannter Konstruktion, der bei zu raschem Gang das Einfallen von Brennstoff aus dem Trichter in die Rille verhindert. Es geht nämlich das kleine Kohlenventil v vermittelst der eirunden Scheibe i und der Zugstange m bei jeder zweiten Umdrehung auf und lässt eine gewisse Menge Kohle zur Rille gelangen. Bei zu raschem Gang rückt der Regulator E durch die Zugstange n die Rolle am unteren Ende der Stange m aus dem Bereiche der unrunden Scheibe i; das Ventil v bleibt also geschlossen und es fällt keine Kohle in den Hahn, also auch nicht in den Cylinder, bis die normale Geschwindigkeit wieder hergestellt ist.

Die vorstehend beschriebene Maschine gehört zu den einfach wirkenden und teilt mit diesen den Nachteil der periodischen Arbeitsübertragung mit ihrer Ungleichmässigkeit. Um diesen Nachteil zu beseitigen ist nur erforderlich zwei oder mehrere Cylinder für eine Welle anzuordnen und die zugehörenden Kurbeln entsprechend zu versetzen (S. 494).

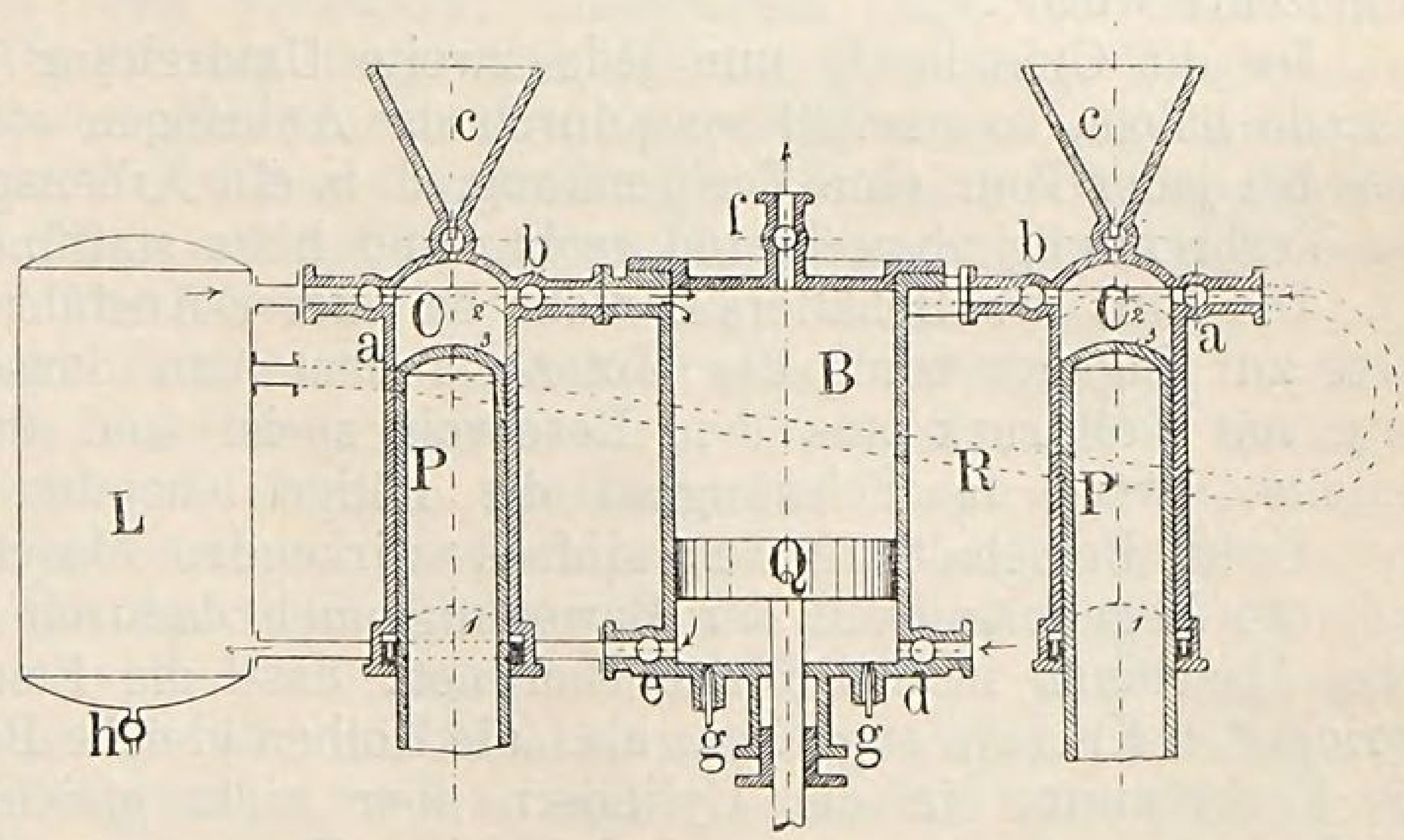


Fig. 498.

Eine hierauf hinzielende Anordnung, bei welcher zugleich die Kompression der Luft, sowohl als auch die Expansion der Verbrennungsgase stufenweise, also nach Art der Verbundmaschine (S. 497) stattfindet, geht aus Figur 498 hervor. Man erkennt zunächst zwei Verbrennungscylinder C, C mit den zwei Plungerkolben P, P, welche mittels Pleuelstangen an gleichstehenden Kurbeln angreifen. Die sonstige Ausführung dieser Cylinder mit ihren Steuerungsorganen u. s. w. stimmt mit der oben in Fig. 496 dargestellten überein.

Die Cylinder C, C sind ferner vermittelst der gesteuerten Ventile bb an einen grösseren dritten Cylinder B angeschlossen und vermittelst der ebenfalls gesteuerten Hähne a, a mit einem Luftgefäss L in Verbindung gebracht, das ausserdem mittels des Ventils e mit dem unteren Teil des Mittelcylinders B verbunden ist. Endlich erkennt man noch bei g g zwei Wasserdüsen, bei d ein gesteuertes Luftventil und bei f ein gesteuertes Ausstossventil.

Der Vorgang in den Cylindern C, C vollzieht sich genau in der oben beschriebenen Weise nur mit der Abweichung, dass die Kolben P, P bei ihrer Abwärtsbewegung die Luft nicht der Atmosphäre, sondern dem Luftbehälter L entnehmen, in dem die Luft durch eine Vorkompression bereits unter Druck gestellt ist. Bei der Aufwärtsbewegung vollenden die Kolben die zweite Kompressionsstufe. Hierauf gehen sie unter allmählicher Brennstoffzufuhr und gesteuerter Verbrennung bis zur Stellung 3, wo diese Zufuhr aufhört. Unter Abgabe der nun folgenden Expansionsarbeit gelangen sodann die Kolben in die unterste Stellung 1, in welchem Augenblicke sich die Ventile b b öffnen. Da nun die Kurbel des Kolbens Q im Cylinder B gegen die Kurbeln von P, P um 180^0 versetzt ist, so befindet sich in demselben Augenblicke der Kolben Q in höchster Stellung; beim Weitergang geht P aufwärts und Q abwärts, und es findet weitere Expansion der Verbrennungsgase direkt vom kleinen in den grossen Cylinder B hinein, bis auf das Volumen des ersteren statt; hierauf schliesst sich Ventil b und f öffnet sich, sodass beim nächsten Aufwärtsgang von Kolben Q die Verbrennungsgase durch f in die Atmosphäre entlassen werden und zwar fast völlig gekühlt, da deren Wärmeinhalt durch die arbeitleistende Expansion aufgezehrt wurde.

Da die Cylinder C nur jede zweite Umdrehung eine Verbrennungsperiode haben, so erreicht man durch das Anbringen solcher zwei Cylinder, dass bei jeder Tour eine Verbrennung, d. h. ein Arbeitsgang, eintritt, indem die Verbrennung abwechselnd rechts und links stattfindet.

Die Luft des Behälters L dient bei dieser Ausführungsform ohne Weiteres zur Ingangsetzung des Motors, indem man denselben einige Touren lang mit Volldruck aus dem Reservoir speist und die Verbrennung erst einleitet, wenn das Schwungrad die nötige lebendige Kraft erreicht hat.

Unter Beibehaltung der einfach wirkenden Maschine lässt sich eine grössere Regelmässigkeit der Bewegung auch dadurch erreichen, dass man zwei Maschinen in der Weise anordnet, dass die Pleuelstangen an gleich gerichteten Kurbeln angreifen, also die Kolben gleiche Bewegungen erhalten, die Verbrennung in den Cylindern aber nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd stattfindet, so dass bei je einer Umdrehung der Schwungradwelle auch ein Arbeitsgang auftritt.

Eine solche Zwillingsmaschine, zugleich für die Ver-

wendung eines flüssigen Brennstoffes (Petroleum) eingerichtet ist in ihren wesentlichen Teilen durch Fig. 499 vor Augen geführt. Die zwei vollkommen gleichen Cylinder CC sind von einem gemeinschaftlichen Schutzmantel M umgeben, auf einem gemeinschaftlichen Gestell, nach Art von Fig. 496 S. 597, befestigt und mit gleichlaufenden Plungerkolben P P ausgestattet. In jedem Cylinderkopf befindet sich eine Düse D zum Einspritzen des Brennstoffes und ein gesteuertes Ventil v zum Eintritte von Luft und zum Ausstossen der Gase in das Abführrohr R.

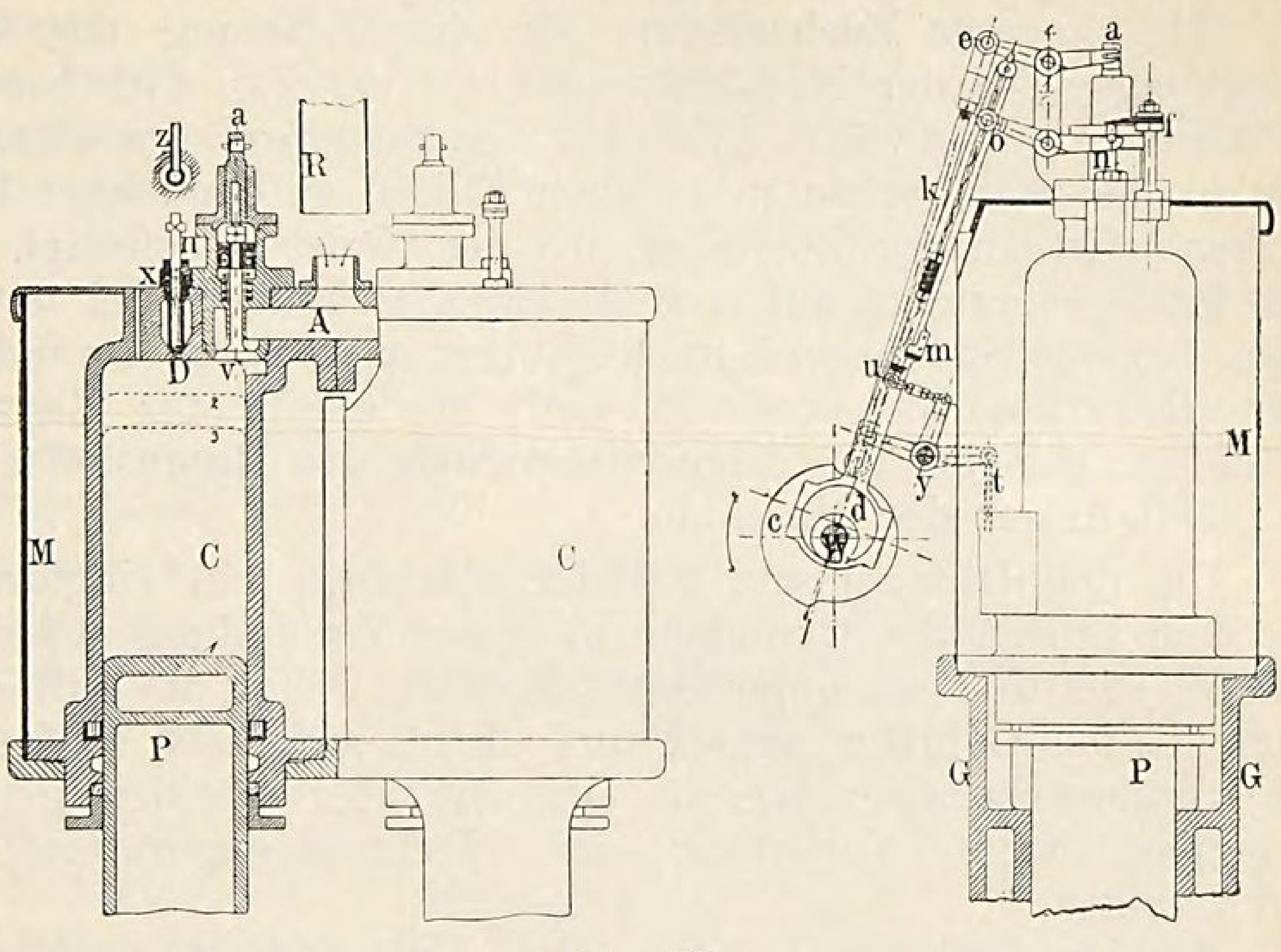


Fig. 499.

Der Prozess vollzieht in jedem Cylinder in der oben erörterten Weise:

1. Ansaugen von Luft durch Ventil A;

2. Kompression in einem Schub bis zur punktirt gezeichneten Endstellung 2 des Kolbens;

3. Einführung von flüssigem Brennmaterial durch die Düse D, unter Verbrennung desselben, während der vorgeschriebenen Admissionsperiode 2, 3; darauf

4. Expansion der Gasmasse und endlich

5. Ausstoss derselben durch Ventil A blasrohrartig in ein nach aussen führendes Rohr R.

Da das Ansaugen dem Ausstossen unmittelbar folgt, so bleibt das Ventil A eine ganze Umdrehung lang offen, hierauf eine ganze Umdrehung lang geschlossen. Diese einfache Steuerung wird durch die unrunde Scheibe c, mittelst Winkelhebel e a bewerkstelligt, wie aus der Zeichnung ersichtlich. Die Scheibe c sitzt auf der Steuerwelle W, welche von der Schwungradwelle aus, ähnlich wie bei Fig. 496 in Drehbewegung erhalten wird.

Für die allmähliche Zufuhr von Brennstoff dient die Düse D, welche durch eine Nadel n verschlossen gehalten wird. In dem inneren Raum r der Düse D befindet sich das flüssige Brennmaterial und wird dort vermittelst einer (nicht gezeichneten) Speisepumpe mit Windkessel unter einem Drucke erhalten, welcher höher ist als der höchste Kompressionsdruck der Luft im Cylinder. Die von der Pumpe herkommende, zur Düse führende Rohrabzweigung für flüssiges Brennmaterial ist mit z bezeichnet. Im Augenblicke der höchsten Kompression, wenn also der Kolben die Stellung 2 einnimmt, öffnet die Steuerung die Nadel n und lässt infolge des Überdruckes durch eine feine Öffnung aus D einen scharfen dünnen Strahl Flüssigkeit eintreten. Dieser Eintritt von Brennmaterial dauert bis zur

Stellung 3 des Kolbens, wo die Steuerung denselben absperrt, worauf die Verbrennungsgase selbstthätig weiter expandiren.

Als äusserer Mechanismus für die Steuerung des Brennstoffstrahles beziehungsweise der Nadel n ist die S. 545 Fig. 470 beschriebene Sulzer-Ventilsteuerung gewählt. Ein auf der Steuerwelle w sitzendes Exzenter d bewegt den Stahlbacken m in einer Ellipse auf und ab. Ein zweiter Stahlbacken u ist an der Zugstange u o der Nadel n befestigt. Sobald bei der Abwärtsbewegung m auf u trifft, öffnet sich die Nadel und bleibt so lange offen, bis der Stahlbacken m denjenigen u verlässt. Da u durch die Stange t vom Regulator aus verstellt wird, so regelt der Regulator in beiden Cylindern zugleich die Admissionsperiode des Brennstoffes und damit die Geschwindigkeit der Maschine.

Um den Düseneinsatz befindet sich noch ein ringförmiger Raum der mit dem Innern des Cylinders in freier Verbindung steht. Beim Zurückweichen des Kolbens unter Druckabnahme stürzt die Luft aus diesem Ringraum in den Cylinder zurück und dient auf diese Weise zur Zerteilung des Brennstoffstrahles sowohl, als zur Hervorbringung stürmischer Bewegungen behufs Verteilung der Verbrennungswärme auf das ganze Luftvolumen.

Endlich befindet sich in dem Cylinderkopf noch eine Bohrung x behufs Einführung von komprimirter Luft zur ersten Ingangsetzung der Maschine.

Dieselbe Konstruktion gestattet ohne weiteres auch die Verwendung anderer flüssiger Brennstoffe (Benzin, Leuchtgas etc.) wenn letztere nur gehörig komprimirt der Düse D zugeführt werden.

Drittes Kapitel.

Gasmaschinen.

Wenn ein passendes Gemenge von brennbarem Gas (Leuchtgas, Wassergas, Dowsongas etc.) oder Dampf (Benzindampf, Petroleumdampf etc.) mit atmosphärischer Luft in einem geschlossenen Gefässe entzündet wird, so verpufft dasselbe unter sehr schneller Verbrennung (Explosion) der brennbaren Teile. Indem sich hierbei diese aus Wasserstoff und Kohlenstoff bestehenden Brennstoffe mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser und Kohlensäure verbinden, wird eine entsprechende Menge Wärme frei und dadurch bewirkt, dass sich die Temperatur und die Spannung der gasförmigen Verbrennungsprodukte derart steigern, dass letztere in ähnlicher Weise wie der Wasserdampf in den Dampfmaschinen als Träger von Arbeitsvermögen benutzt werden können. Diejenigen Kraftmaschinen, in denen die zur Arbeitsleistung bestimmte Wärme durch eine solche Verpuffung brennbarer Gase oder Dämpfe erzeugt und zur Wirkung gebracht wird, haben die Gattungsnamen Gasmaschinen (Gasmotoren, Gaskraftmaschinen) und je nach dem verwendeten Kraftträger die Sondernamen Gasmotor, Benzinmotor, Petroleummotor etc. erhalten.

Ein Vergleich der Gaskraftmaschinen mit den Heissluftmaschinen führt zu dem Ergebnisse, dass zwischen jenen und den Feuerluftmaschinen insofern eine grosse Ähnlichkeit besteht, als auch bei den Gasmotoren abge-

messene Mengen von Brennstoff und Luft in geschlossenen Feuerungen nur einmal zur Verwendung und dann in's Freie gelangen, dass also die Gasmotoren zu den offenen Maschinen mit geschlossenen Feuerungen gehören.

Die Natur der zum Betriebe der Gasmaschinen verwendeten Brennstoffe setzt zur Erzielung einer günstigen Wirkung nicht nur ein richtiges Gemische von Brennstoff und Luft, eine richtige Ladung voraus, sondern bedingt auch, weil ein ununterbrochenes Brennen ausgeschlossen ist, für jedes einzelne Spiel eine geregelte Zündung und einen bestimmten Verbrennungsvorgang, während ausserdem erfahrungsgemäss infolge der plötzlich auftretenden hohen Verbrennungstemperaturen auch für die Abkühlung jener Teile Sorge getroffen werden muss, welche mit diesen Temperaturen in Berührung kommen.

Als Kraftaufnehmer dient in den Gaskraftmaschinen wohl ausschliesslich ein Kolben, da Erfolge mit rotirenden Scheiben etc. nicht bekannt geworden sind. Deshalb kommen auch nur Cylindermaschinen und in Rücksicht auf den erwähnten Vorgang als Hauptpunkte in Betracht: die Ladung, die Zündung, die Kühlung, die Regulirung und die Arbeitsabgabe. In Bezug auf letztere ist nur zu erwähnen, dass die Gaskraftmaschinen durchgehends als Kurbelmaschinen angetroffen werden, da die früher allgemein übliche Übertragung von dem Kolben mittels einer Zahnstange auf ein Zahnrad der Schwungradwelle verlassen ist.

Für die äussere Anordnung hat die Dampfmaschine insofern das Vorbild gegeben, als nach diesem entweder (S. 500) eine liegende oder eine stehende Aufstellung gewählt wird und zwar im letzteren Fall mit oben oder unten liegender Kurbelwelle (Hammermaschine, Turmmaschine S. 502).

Zur Erklärung einer allgemeinen Gaskraftmaschinenanlage mag die untenstehende Skizze Fig. 500 dienen.

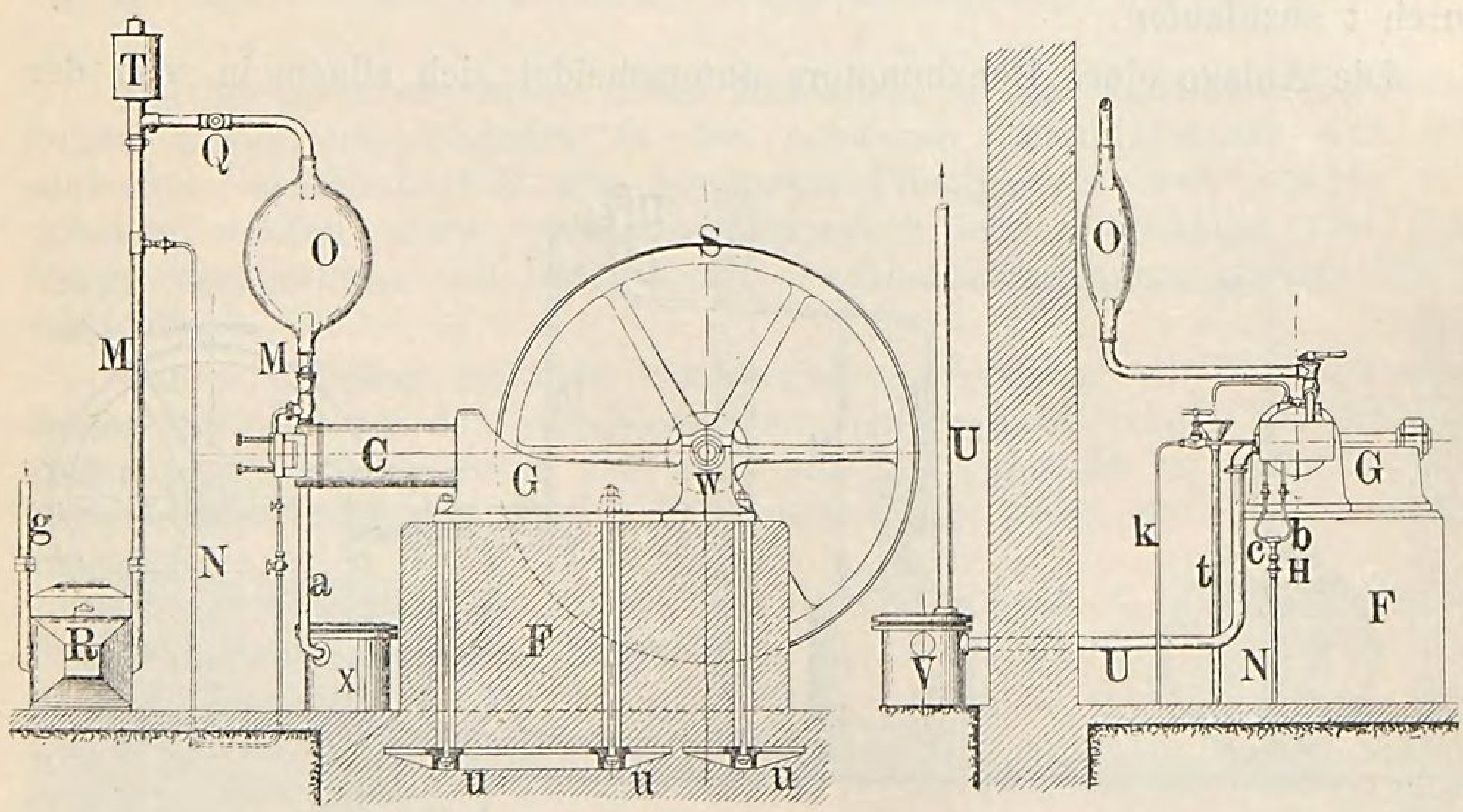


Fig. 500.

Auf dem gemauerten oder aus Beton hergestellten Fundament F liegt

der eigentliche Motor, bestehend aus dem Arbeitscylinder C, dem Gestelle G und der Kurbelwelle w mit Schwungrad S, befestigt mit Fundamentankern u u u. An die Maschine schliesst sich zunächst die mit g M M bezeichnete Gasleitung an, in welche bei R eine Gasuhr (S. 170) bei Q ein Hauptgashahn und bei O ein Gummibeutel eingeschaltet ist. Der letztere hat den Zweck eine regelmässige Speisung der Maschine mit Gas zu ermöglichen, indem er sich mit Gas füllt und somit einen Vorratsbehälter bildet, dem das Gas plötzlich und stossweise entnommen werden kann. Um bei dieser Gasentnahme Stossrückwirkungen auf die Gasleitung sicher auszuschliessen, wird zweckmässig noch zwischen Gummibeutel O und Gasuhr R ein Gasdruckregulator T (Fig. 159) angebracht. — Ein weiterer Anschluss an den Motor besteht aus dem Gasrohr N zur Speisung der beiden Zündflammen b und c und ist durch den Hahn H abstellbar.

Zur Zuführung der Luft dient das Rohr a. Dasselbe mündet in den sogen. Ansaugetopf X, welcher dazu bestimmt ist, das Geräusch des Saugens abzuschwächen, indem er unter dem Rande eine Anzahl Löcher besitzt, durch welche die Luft eintritt.

Um die Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder abzuführen, ist mit diesem ein Ausblaserohr U verbunden als Fortsetzung des Ausblaseventilgehäuses. Dieses Rohr U mündet seitwärts in den Ausblasetopf V, aus welchem die Gase durch eine zweite angeschlossene Röhre U nach oben in's Freie geleitet werden. Dieser Ausblasetopf hat die Bestimmung das Geräusch beim Austritte der Gase zu dämpfen sowie mitgerissenes Schmieröl und etwaige Kondensationsprodukte zurückzuhalten.

Eine Kühlung ist notwendig für den Cylinder und den Deckel, weshalb diese Teile hohle Wände (Mäntel) bekommen, durch welche kaltes Wasser strömt. Letzteres wird einer Wasserleitung oder, wo diese fehlt, Behältern (Kühlfass) entnommen und durch ein mit Absperrhahn versehenes Rohr k dem Mantelraum zugeführt, den es durch ein Rohr verlässt, um durch t abzulaufen.

Die Anlage eines Benzinmotors unterscheidet sich allgemein von der

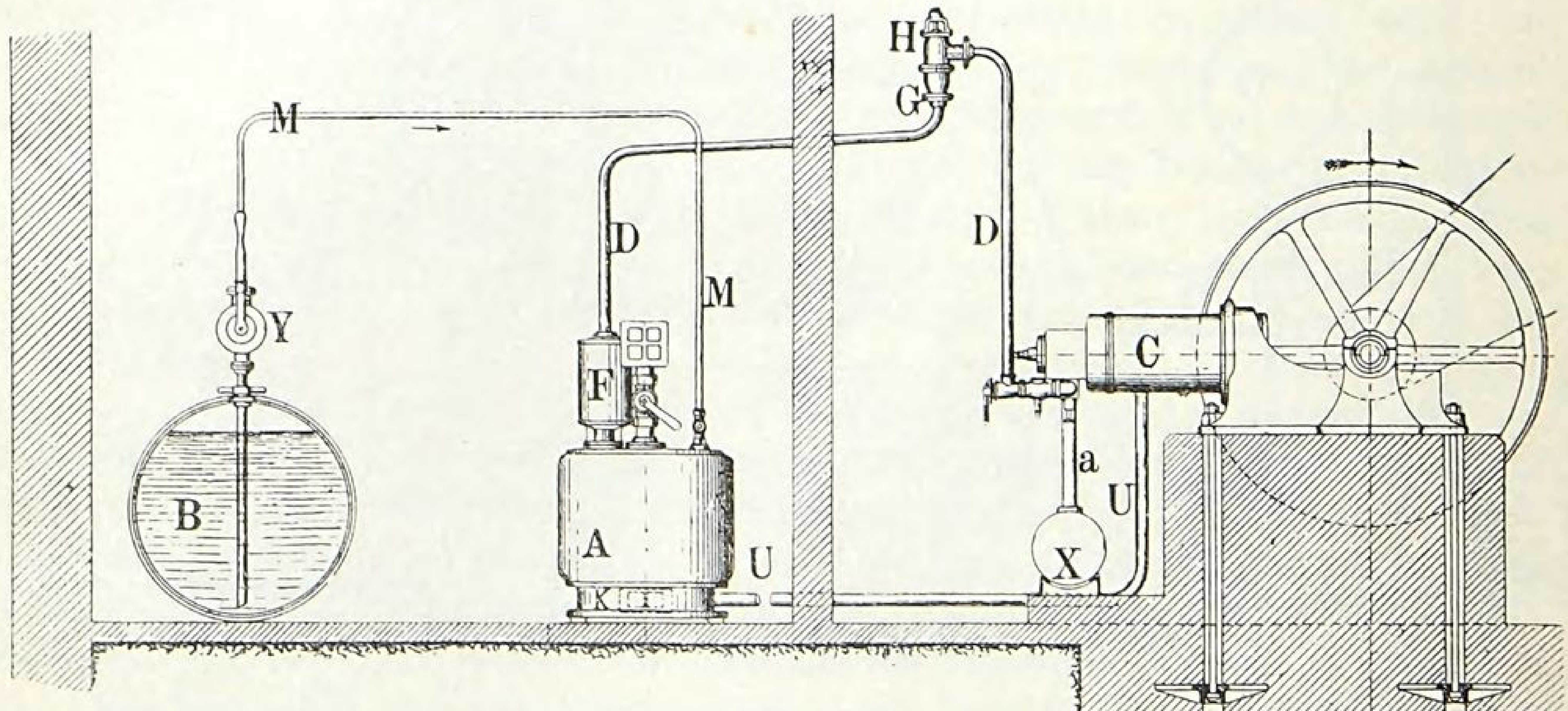


Fig. 501.

vorigen wesentlich nur durch diejenigen Vorrichtungen, welche die Zuführung des Benzins bezwecken. Diese bestehen bei einer vollkommenen Anlage (Fig. 501; Deutz) zunächst aus einem eisernen mit Benzin gefüllten Fasse B und einem Benzindampferzeuger A, welche beiden Gefässe in einem, aber abgesonderten Raume aufgestellt werden. Zur Überleitung des Benzins aus dem Fasse B in den Apparat A dient ein Rohr M M mit einer kleinen Flügelpumpe Y, während das in A erzeugte und zugleich mit Luft gemischte Benzingas mit Hilfe des Rohres D D zum Cylinder C gelangt, nachdem es zur Vermeidung von Entzündungsgefahr den Kiestopf F, das Rückschlagsventil G und das Sicherheitsventil H passirt ist. Man erkennt ferner in X den Luftansaugetopf, bei a das Luftrohr zum Cylinder C und bei U U das Ausblaserohr, welches zur Erwärmung des Benzins die heissen Gase durch den Behälter K unter den Benzinapparat A leitet.

I. *Ladung.*

Aus nahe liegenden Gründen bildet gewöhnliches Leuchtgas das Hauptbrennmaterial für die Gasmaschinen und wird nur in einzelnen Fällen durch andere Gase Wassergas oder Halbwassergas (Dowsongas S. 320 u. f.) ersetzt.

Um sich jedoch von einer besonderen Gaserzeugung (Gasanstalten) unabhängig zu machen und dadurch die Möglichkeit zu gewinnen, sich nach dem Vorbilde der Gaskraftmaschinen überall eine Betriebsmaschine zu schaffen, sind mit grossem Erfolg in neuerer Zeit die überall leicht zu beschaffenden flüssigen Brennstoffe (Petroleum, Benzin etc.) zur Verwendung gelangt und Veranlassung zur Konstruktion solcher Motoren geworden, die auf der unmittelbaren Anwendung dieser Flüssigkeiten beruhen.

Die bei der Konstruktion dieser Maschinen zu überwindenden Schwierigkeiten liegen hauptsächlich in der schweren Entzündbarkeit und der schweren Verbrennbarkeit der genannten Flüssigkeiten und können nur gehoben werden durch eine ausserordentlich feine Verteilung und eine innige Vermischung mit Luft, sowie durch eine besonders kräftige Zündvorrichtung.

Das rohe Petroleum stellt bekanntlich ein Gemenge von Kohlenwasserstoffen dar, die bei den verschiedensten Temperaturen (von 0 bis 300° C) sieden und sich entzünden, also auch mit Luft gemischt bei verschiedenen Temperaturen explodiren. Für Gebrauchszwecke pflegt man übrigens abzuscheiden:

	Spez. G.	Siedepunkt
Petroleumäther (Keroselen, Rhigolen) . .	0,65 bis 0,66	40 bis 70°
Gasolin (Komadol)	0,66 „ 0,69	70 „ 90°
Benzin	0,7 „ 0,71	100 „ 120°
Ligroin	0,71 „ 0,73	80 „ 120°
Brennöl (Petroleum)	0,729 „ 0,864	150 „ 300°
Teerige Rückstände		

Hiervon kommen für Motoren zunächst nur in Betracht Benzin, Ligroin

und das gewöhnliche Brennöl, weil die Produkte unter 0,7 spez. Gew. zu feuergefährlich und diejenigen über 0,864 zu schwer entzündbar sind.

Die Verwertung der flüssigen Brennstoffe (Benzin, Petroleum etc.) hat zur Voraussetzung, dass dieselben in feinster Verteilung also in Dampfform mit der Verbrennungsluft gemischt zur Verpuffung gelangen. Aus dem Grunde ist es notwendig diese Flüssigkeiten zunächst entweder vergast, d. h. mittels Wärme verdampft oder mechanisch verteilt der Luft zuzuführen.

Da nun Benzin bereits bei gewöhnlicher Lufttemperatur genügend leicht flüchtig ist, so kann dessen Vergasung ohne oder mit nur geringer Wärmezufuhr d. h. auf kaltem oder halbwarmem Wege bewerkstelligt werden. Demgegenüber bedarf das Petroleum wegen seiner verhältnissmässig geringen Flüchtigkeit einer erheblichen Wärmezufuhr, so dass den Petroleummaschinen stets eine Vorrichtung zum Verdampfen des Petroleums eigentümlich ist, die Verdampfer genannt werden mag.

Die mechanische Verteilung erreicht man auf zwei verschiedenen Wegen. Der erste derselben besteht darin, dass man einen Luftstrom durch die Flüssigkeit hindurchtreibt und auf diese Weise mit aufgenommenen Teilchen derselben schwängert. Nach dem zweiten Verfahren dahingegen wird die Flüssigkeit mittels besonderer Vorrichtungen zerstäubt und mit Luft zusammengeführt.

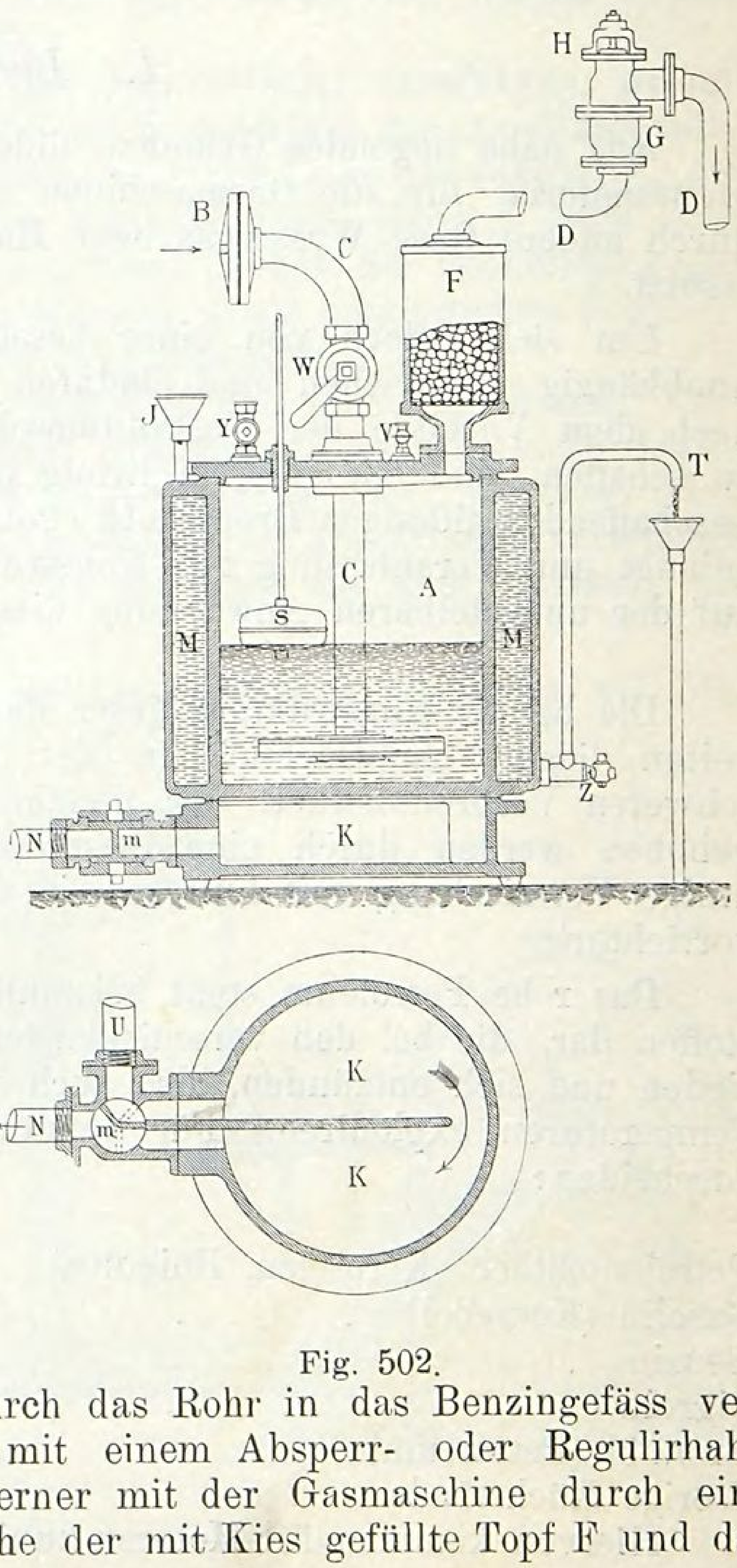


Fig. 502.

Eine bewährte Vorrichtung zur Erzeugung des Benzindampfes nach der ersten Methode in der Weise ausgeführt, dass die Ansaugung von dem Arbeitskolben der Gasmaschinen erfolgt (Deutz), zeigt die Skizze Fig. 502. Das eiserne Gefäss A enthält das Benzin, welches bei geöffnetem Lufthahn V durch eine mit Schraubenstöpsel verschliessbare Öffnung Y eingefüllt und bezüglich der Menge an dem Schwimmer S erkannt wird. In dem Benzingefässe A hängt ein Rohr CC, welches mit seinem unteren brauseartig erweiterten Ende in das Benzin eintritt, am oberen Ende B mit einem engmaschigen Drahtgewebe, welches das Eindringen von Schmutz und Feuer durch das Rohr in das Benzingefäss verhindert, abgeschlossen und bei W mit einem Absperr- oder Regulirhahn versehen ist. Das Gefäss A ist ferner mit der Gasmaschine durch eine Rohrleitung DD verbunden, in welche der mit Kies gefüllte Topf F und das

Rückschlagventil G eingeschaltet sind. In entsprechendem Zeitraum wird nun in der Leitung DD und im Gefässe A durch Aussaugen eine Luftverdünnung hervorgerufen, die zur Folge hat, dass Aussenluft durch BCC eintritt, in feinster Verteilung das Benzin durchströmt, sich mit diesem sättigt und in diesem Zustande der Gasmaschine zuströmt, um hier weiter mit Luft gemengt zur Explosion zu kommen.

Eine Regelung der in A stattfindenden Gaserzeugung wird durch einen dieses Gefäss umgebenen Mantel M dadurch erreicht dass man je nach der Aussentemperatur durch den Trichter J bei kalter Witterung warmes und bei warmer Witterung kaltes Wasser einlaufen lässt, das durch das Rohr T wieder abläuft und durch den Hahn Z ganz abgelassen werden kann um z. B. das Einfrieren zu verhindern.

Um ferner die Erzeugung des Benzindampfes zu befördern, ist unter dem Gefässe A noch ein Untersatz K angebracht, dem durch das Rohr U die vom Motor abziehenden heissen Verbrennungsgase zuzuführen sind. Diese Gase durchströmen, wenn der einfache Dreiweghahn m die gezeichnete Stellung einnimmt, den Untersatz um die im Innern angebrachte Scheidewand und treten durch N ins Freie. Steht der Hahn m aber in der punktirten Stellung, so gelangen die Verbrennungsgase unmittelbar aus U nach N also ins Freie ohne K zu passiren.

Zur Vermeidung des Zurückschlagens der entzündeten Mischung dient einerseits das Rückschlagventil im Gehäuse G, anderseits der mit Kies gefüllte Topf F. Im Fall eine Explosion in das zwischen Motor und Rückschlagventil befindliche Rohrstück D eindringen sollte, so öffnet sich ein nach aussen schlagendes Sicherheitsventil H und hebt die Spannung auf.

In Fig. 503 ist ein Apparat zur Sättigung von Luft mit Benzindampf dargestellt (Daimler) bei welchem eine stets gleich bleibende Verdunstung des flüssigen Brennstoffes ohne schwerflüchtige Rückstände und eine ebenso gleichmässige Sättigung der Luft durch besondere Anordnung des Vergasers und eine bestimmte Vorwärmung der Luft erzielt wird.

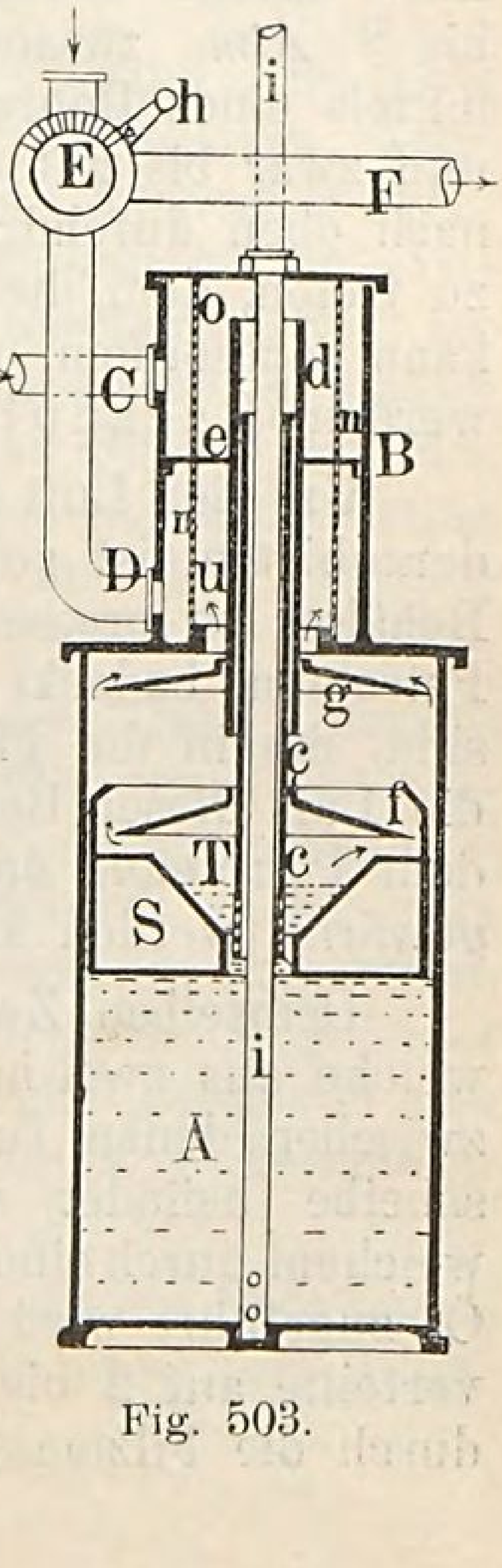


Fig. 503.

Das flüssige Brennmaterial befindet sich in einem cylindrischen Blechbehälter A, dem es durch das zentrische Rohr i i aus dem Vorrathsbehälter zugeführt oder eingegossen wird. Auf der Flüssigkeit ruht der Schwimmer S mit dem Trichter T, in dem die Flüssigkeit bis zu einer bestimmten Höhe hinaufsteigt. In diesem Trichter T ist ein Rohr c befestigt, welches bis zu einer bestimmten Tiefe in die Flüssigkeit eintaucht und demnach stets in gleicher Höhe von der Flüssigkeit umgeben ist, da es sich mit S hebt und senkt. Das Rohr c verschiebt sich zugleich fernrohrartig in dem Rohre d, das in dem Aufsatz B an dem Zwischenboden e befestigt ist, der diesen Behälter in die zwei Teile o und u teilt. Beide Teile enthalten einen cylindrischen Einsatz n von feiner Drahtgaze. Der obere Teil o steht durch das Rohr C mit der Luftzuführung, der untere Teil u mit dem Rohre D zur Abführung des Luft-Dampf-

gemisches in Verbindung. Endlich befinden sich noch in dem oberen Raum des Behälters A zwei Schirme f und g, wovon f sich mit S hebt und senkt, während g von dem Rohre d festgehalten wird.

Um das Sättigungsvermögen der Luft gleich zu erhalten, unterliegt die letztere einer Erwärmung, indem sie nach dem Prinzip des Gegenstromes zunächst einen Heizraum durchströmt, der durch Ummantelung des heissesten Teiles des Auspuffrohres gewonnen wird, und darauf ein Rohr passirt, das in der Kammer liegt, in welcher die Flamme zum Glühen des Zünders brennt. Diese heisse Luft tritt, von dem Treibkolben der Maschine während der Saugperiode angesogen, durch das Rohr C in den Raum o, von hier durch das Rohr c und dessen Bohrungen in das flüssige Brennmaterial, reisst dieses gewaltsam mit und wirft es gegen die Schirme f und g. Hierdurch entsteht eine feine Verteilung desselben und infolgedessen eine vollständige Sättigung der Luft, unter Zurücklassung der nicht aufgenommenen Teile, die nach Beendigung der Saugperiode in den Trichter T zurücktröpfeln. Das Rohr D F führt darauf das Gemische zum Arbeitscylinder nachdem es in dem Gehäuse E so viel Luft aufgenommen hat, als zur Bildung der eigentlichen Ladung erforderlich ist. Ein in diesem Gehäuse E befindliches Ventil regelt mit dem Handhebel h eingestellt nach einer Skala die Menge der zuzulassenden Luft. — Die Gazewände n und n halten bei einem etwaigen Rückschlage die Flammen zurück, so dass sie nicht in den Behälter A gelangen und Explosionen hervorrufen können.

Bei einer anderen Anordnung wird durch irgend eine Druckpumpenvorrichtung z. B. die Vorderfläche des Arbeitskolbens der Gasmaschine, Luft mittels eines Rohres in einen Behälter gedrückt und hier auf 2 bis 3 *Atm.* zusammengepresst. Aus diesem Behälter gelangt die Luft mittels eines Rohres in den Behälter, der das Benzin oder Erdöl enthält, und zwar bis auf den Boden desselben, so dass sie den Inhalt von unten nach oben durchdringt, um mit demselben gesättigt in einen Sammelkessel zu treten, dem die Maschine dieses Gemische entnimmt. Der letzte Kessel kann ausserdem durch unter demselben brennende Flammen erwärmt werden (Rackholz).

Um der Luft eine grosse Berührungsfläche mit dem Petroleum etc. darzubieten, ist vorgeschlagen, die Luft durch einen grösseren horizontalen Behälter zu pressen, dessen Boden bis zu einer bestimmten Höhe mit Petroleum bedeckt bleibt und in dessen Innerem Gewebestücke aufgehängt sind, die in die Flüssigkeit eintauchen und als Saugdochte wirken. Indem die Luft diesen Behälter durchstreicht, sättigt sie sich an den Dochten mit dem Petroleum, das ausserdem noch vermittelst der warmen Abgase angewärmt werden kann, welche den Behälter umspielen (Reithmann).

Demselben Zwecke dient eine in die Leitung eingesetzte Einrichtung, welche aus zwei horizontalen vielfach durchlöcherten Blechscheiben besteht zwischen denen Drahtgeflechte liegen. Auf dem Rande der oberen Blechscheibe befindet sich eine Packung von Filz in Form eines Cylinders, welchem durch eine kleine genau regulirbare Druckpumpe aus feinen Löchern Öl zugeführt wird. Die zutretende durch das Drahtsieb in feine Strahlen verteilte auf 2 bis 5 *Atm.* verdichtete Luft sättigt sich beim Durchgange durch die Filzmasse und gelangt dann in den Arbeitscylinder (Brayton).

Den eben genannten sog. Karburir- oder Luftgasapparaten stehen diejenigen Vorrichtungen zur Seite, welche die Flüssigkeit zerstäuben und dann mit Luft vermischen. Dieselben bestehen der grössten Zahl nach aus Druckpumpen, welche bestimmt abgemessene Mengen aus einer Öffnung herausspritzen und auf verschiedene Weise zum Zerteilen bringen.

Zu den einfachsten Einrichtungen dieser Art gehört die in Fig. 504 gezeichnete (Spiel). Eine kleine Druckpumpe C mit dem Kolben k ist unten durch einen Hahn h abgeschlossen, der vermittelst der auf- und abgehenden Stange b so gesteuert wird, dass bei der Aufwärtsbewegung der Kolben k durch das Rohr n aus einem Behälter Petroleum in den Raum r saugt, bei der Abwärtsbewegung aber durch eine feine Bohrung z in die Kammer V (Mischkammer) spritzt, der von anderer Seite durch R eine bestimmte Luftmenge zugeführt wird. Aus dieser Kammer tritt das Gemisch nach geöffnetem Ventil v durch das Rohr E in den Arbeitscylinder. Die Bewegung des Ventils v, der Stange b und des Pumpenkolbens k erfolgt durch schwingende Winkelhebel a und c, an welche die genannten Teile derart angehängt sind, dass sie trotz der Bogenbewegung der Bolzen a und c die geradlinige Bewegung beibehalten. Die Einstellung des Ventils erfolgt durch Aus- oder Einschrauben der Ventilspindel. Zur Regelung der Benzinmenge dient eine Vergrösserung oder Verkleinerung des Pumpenhubes. Zu dem Zwecke hängt der Kolben k mittels eines Schlitzes an dem Bolzen c, so dass letzterer denselben mit Hilfe eines eingeschobenen Zwischenstückes abwärts bewegt und zwar um so tiefer je höher dieses Zwischenstück hinaufgeschoben wird. Diese Einstellung geht sodann von der Büchse mit der Mutter m aus, weshalb die Stellung von m die Hubhöhe von k bestimmt. Der genannte Winkelhebel erhält seine Bewegung an dem abwärts hängenden Arm von einem Daumen der Steuerwelle.

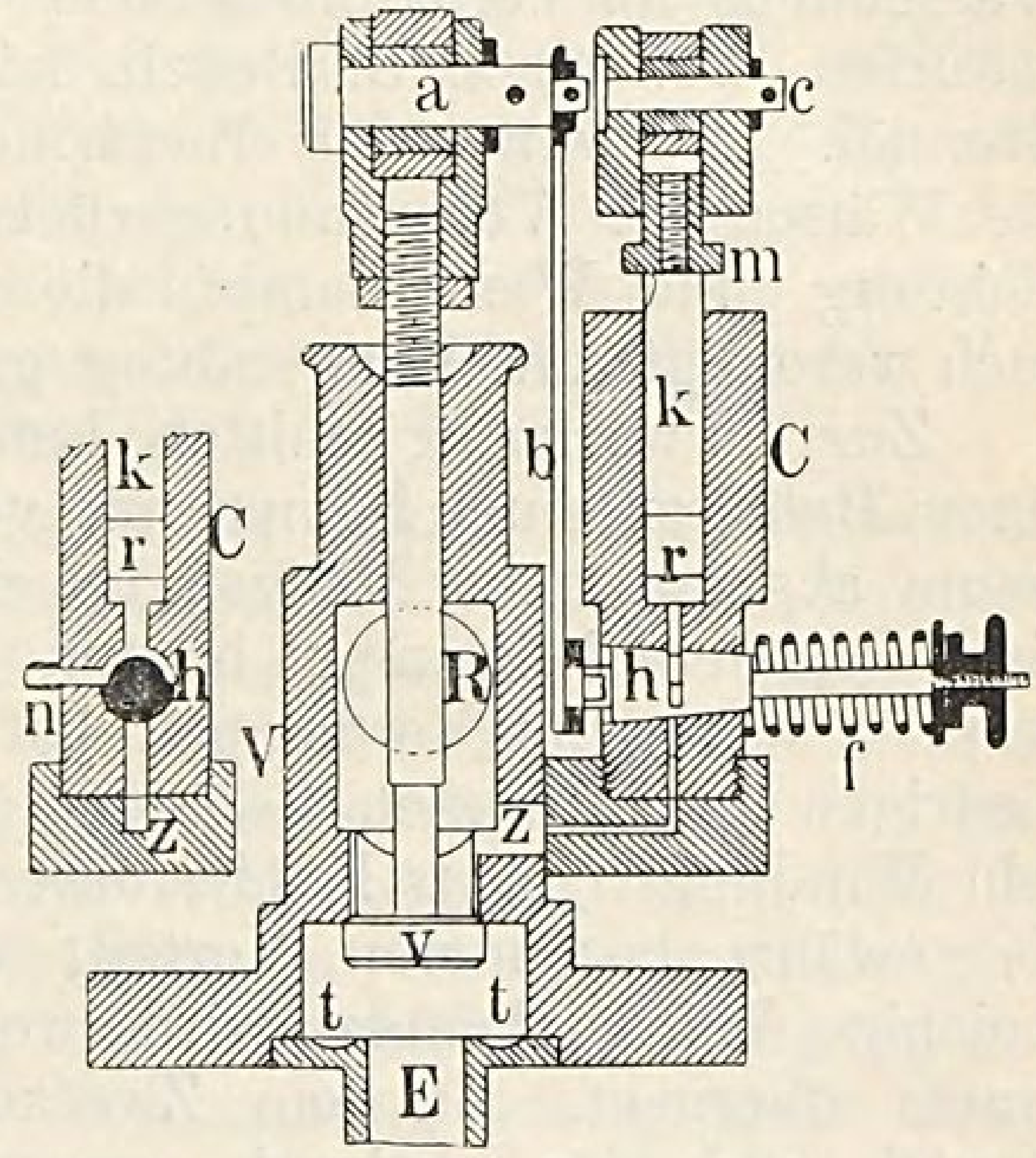


Fig. 504.

Ein anderer Zerstäubungsapparat besteht aus einem Hahn, dessen Durchbohrung bei einer bestimmten Stelle sich mit Öl füllt, dann aber infolge einer Drehung mit einem Windkessel und dem Verbrennungsraum in Verbindung setzt, so dass aus dem Windkessel ein Luftstrom durch den Hahn schiesst und das Öl fein verteilt mit in den Verbrennungsraum reisst. Der Windkessel wird von einem Hohlraum im Maschinengestelle gebildet und beim Arbeitsgang des Kolbens von der Vorderseite desselben mit Pressluft gefüllt, die durch den zur Abkühlung bestimmten Cylindermantel angesaugt wird (Philippi).

Auch ist eine Bürstenwalze vorgeschlagen, die in einem Petroleumtroge gedreht wird und das aufgenommene Öl in einen Raum spritzt, durch den Pressluft zum Arbeitscylinder strömt (Marcus).

Auf Grund der Thatsache, dass das Petroleum zu dem in Rede stehenden Zwecke eine Erwärmung notwendig, das Benzin eine Erwärmung wünschenswert macht und zwar nicht nur um eine feinere und leichtere Verteilung und innigere Mischung zu erreichen, sondern auch um die Entzündbarkeit zu erhöhen, versieht man auch die Zerstäubungsapparate vielfach mit Erwärmungsapparaten, oder bringt die oben erwähnten Verdampfer an. — In allen Fällen ist bei diesen Anordnungen darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Destillationsprodukte des Petroleums mit zunehmendem spez. Gew. infolge der damit gesteigerten Menge Kohlenstoffs und abnehmenden Menge Wasserstoffs im Verhältnisse mehr Wärme zur Verdampfung und Entzündung bedürfen, wonach z. B. Benzin leichter verdampft und sich entzündet als Brennöl. Als Mittel zur Erwärmung stehen in Gebrauch Wärmelampen, die Wärme der Verbrennungsrückstände oder der Cylinderwand, die Verdichtung und Wasserdampf, die übrigens entweder für sich allein oder auch vereinigt zur Verwendung gelangen.

Zur Erwärmung mittels Lampen strömt z. B. das Petroleum aus einem Behälter einer Pumpe mit verstellbarem Hub zu, welche dasselbe in genau abgemessenen Mengen in einen Verdampfer drückt unter dem eine Petroleumheizlampe brennt, die selbstthätig von dem Hauptbehälter gespeist wird. Der Verdampfer hat dabei entweder die Gestalt eines flachen niedrigen geschlossenen Gefässes (Altmann) oder besteht aus einer Anzahl Windungen eines Kupferrohres, die in der Heizflamme liegen (Lüde). Es gewährt besonderen Vorteil, wenn zur Vorwärmung des Petroleums diejenige Wärme benutzt wird, welche an die Wandungen des Explosionsraums übergeht. Zu dem Zwecke versieht man den letzteren mit einem Mantel und den dadurch gewonnenen Zwischenraum mit einem langen Zikzakkanal, den das Gemenge von Luft und Öl passirt, bevor es in den Cylinder gelangt. Die Luft wird dabei mittels des Arbeitskolbens durch diesen aus auf- und absteigenden Gängen gebildeten Kanal gesogen unter gleichzeitiger durch eine kleine Pumpe bewirkter Einspritzung des Petroleums, so dass letzteres von der Luft zerstäubt an die Wände geworfen und zum Verdampfen gebracht wird. (Schiltz). — Eine andere Ausführung desselben Prinzips besteht darin, dass man der Ladung im Augenblicke der Entzündung hoch gespannten, also erwärmten Wasserdampf zuführt, der in dem den Verbrennungsraum umgebenden Mantelhohlraum von der Wandwärme erzeugt wird (Spiel).

Nicht weniger wichtig ist die Verwendung derjenigen Wärme, welche in den die Gasmaschine verlassenden Verbrennungsprodukten angesammelt ist und sonst unbenutzt bleibt. Um mit Hilfe dieser Wärme die Kraftflüssigkeit zu verdampfen, lässt man z. B. die Gase ein Gefäss umspülen, in welches Petroleum hineingestäubt wird (Priestmann), oder man heizt damit Platten, über welche das Petroleum in sehr dünnen Schichten hinwegrieselt (Jakowlew) oder das mit Luft gemischte Petroleum passirt ein durch die Abgase geheiztes Rohr (Deutz).

II. Vorgang im Cylinder.

Die Verbrennung des Gasluftgemisches erfolgt am vollständigsten und schnellsten bei einer Zusammensetzung, welche nach stöchiometrischen

Verhältnissen gewählt ist, d. h. welche genau soviel Luftsauerstoff enthält, als zur Verbrennung des Wasserstoffs und Kohlenstoffs erforderlich ist.

Dieses Mengenverhältniss richtet sich daher nach der chemischen Zusammensetzung der brennbaren Gase und Dämpfe und wechselt je nach dieser Zusammensetzung, so dass genaue Angaben darüber in jedem Einzelfall nur auf Grund chemischer Analysen möglich sind. Bei Leuchtgas kann man indessen von der Annahme ausgehen, dass 1 *kg* Gas etwa 13,5 *kg* oder 5,57 *cbm* Luft, also dass 1 *cbm* Gas etwa 3 *cbm* Luft zur Verbrennung bedarf.

In demselben Maasse, in welchem die Heftigkeit der Verbrennung sich steigert (Explosion), erhöht sich auch plötzlich die motorische Kraft in Folge der ebenso schnell sich entwickelnden Wärme. Solche explosionsartig auftretenden Kraftäusserungen im Verein mit der dadurch bedingten hohen Temperatur und Spannung äussern sich jedoch sehr schädlich auf die arbeitenden Teile der Maschine, weshalb es notwendig ist, Mittel zur Abwehr dieser schädlichen Einflüsse in Anwendung zu bringen.

Es liegt nahe zur Beseitigung der durch die hohe Temperatur hervorgerufenen Nachteile eine Abkühlung derjenigen Hauptteile der Maschine vorzunehmen, welche der Hitze am stärksten ausgesetzt sind. Mit dieser Abkühlung ist aber selbstverständlich ein bedeutender Kraftverlust verbunden, weshalb man sie soviel wie thunlich beschränken muss. Da eine Beschränkung der Kühlung andererseits nur erfolgen kann, wenn man die Entstehung der hohen Temperaturen möglichst zu vermeiden sucht und letzteres durch langsamere Verbrennung des Gasgemisches (Ladung) zu erreichen ist, so hat man eine langsame Verbrennung um so mehr einzuführen Veranlassung genommen, als damit zugleich auch die Kraftäusserungen weniger plötzlich zur Wirkung gelangen und an schädigendem Einfluss auf die betreffenden Maschinenteile verlieren sollen.

Zwischen der Verbrennungsdauer und dem Gas-Luftmischungsverhältnisse besteht insofern eine Beziehung, als die Verbrennungszeit und damit zugleich die entstehende Spannung und Temperatur sich mit demselben ändert und zwar in der Weise, dass mit einem grösseren Luftzusatz eine Zunahme der Verbrennungszeit also eine Verlangsamung der Verbrennung und eine Abnahme der Spannung und Temperatur Hand in Hand geht, wie nachstehende kleine Tabelle (Clerk) erkennen lässt.

Gas in Volumteilen	Grösster Druck in Atm.	Temperatur	Zeit der Explosion in Sekunden
1 : 15	3,72	806°	0,45
1 : 14	4,60	1033°	0,31
1 : 13	5,08	1202°	0,24
1 : 12	5,15	1220°	0,17
1 : 10	6,30	1557°	0,08
1 : 8	6,92	1733°	0,06
1 : 7	7,12	1792°	0,04
1 : 6	7,19	1812°	0,055
1 : 5	6,44	1595°	0,16

Mischt man demgemäss Leuchtgas mit Luft in einem grösseren Verhältnisse als zur Verbrennung notwendig ist, wobei die überschüssige Luft als ein indifferentes Gas angesehen werden kann, so verlangsamt man die Verbrennungszeit des Gemisches, vermindert dadurch die stossartig auftretende Explosion, sowie die hohen Spannungen und Temperaturen also die oben genannten Nachteile, welche mit der plötzlichen Verpuffung verbunden sind. Aus diesem Grunde wird dem in den Gasmaschinen zur Wirkung gebrachten Gase stets ein erheblicher Überschuss von Luft oder ein sonstiges indifferentes Gas zugesetzt. — Bei der Abmessung der Zusatzmenge ist allerdings nicht zu übersehen, dass man bald an eine Grenze gelangt, wo die Entzündbarkeit überhaupt aufhört und dass man sich innerhalb dieser Grenze halten muss welche je nach Zusammensetzung verschieden im Durchschnitte bei etwa 1 : 15 liegt. — Gelingt es bei der Mischung des Gases mit der Luft eine solche Verteilung herzustellen, dass an der Entzündungstelle mehr Gas, an dem entgegengesetzten Ende des Gasbehälters aber mehr Luft in dem Gemische vorhanden ist, so schreitet die Entzündung durch das Gemische mit weiter abnehmender Geschwindigkeit fort, wodurch noch mehr statt der mit plötzlicher Spannungszunahme verbundenen Stosswirkung, ein allmählich gesteigerter ruhiger Druck als treibende Kraft gewonnen wird.

Nach jeder Verpuffung bleiben in dem Cylinder die Verbrennungsprodukte (Kohlensäure, Wasser etc.) sowie der atmosphärische Stickstoff in stark erwärmtem Zustande zurück. Um nun einerseits die hier aufgespeicherte Wärme nicht preiszugeben, sowie andererseits die natürlich mit Arbeitsaufwand verbundene Zuführung neuer Luft zu umgehen, werden in der Regel die Verbrennungsrückstände zur Verdünnung der Ladung benutzt und deshalb zu einem solchen Anteil im Cylinder als indifferente Gase belassen, als nach obigen Auseinandersetzungen zur langsamen Verbrennung dienlich erscheint.

Wenn sich die aus Gas und Luft im Ueberschuss oder aus Gas und dem Verbrennungsrückstand bestehende Ladung unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck im Cylinder befindet, so beansprucht sie einen diesem Drucke entsprechenden verhältnissmässig grossen Raum, der nur durch weite oder lange Cylinder gewonnen werden kann und demnach auch wieder grosse Abmessungen des Cylinders benötigt. Ausserdem findet bei einem solchen Gemische unter kleinem Drucke eine gewisse Unsicherheit bei der Zündung statt, weil die einzelnen Gasteilchen, von Luft etc. umgeben, nicht immer nahe genug zusammenliegen. Verdichtet man dahingegen die Ladung vor der Entzündung durch Zusammendrücken, bringt sie also auf ein kleineres Volumen, so werden dadurch zunächst kleinere Cylinderabmessungen möglich, ausserdem die dieselbe Gewichtsmenge der Ladung umschliessenden abkühlenden Wandflächen erheblich verkleinert, also günstiger für den Wirkungsgrad. Indem infolge der Verdichtung die Gasteilchen näher an einander rücken und somit die Fortpflanzung der Entzündungsflamme durch das Gemische wesentlich gefördert wird, verschwindet die Unsicherheit der Zündung selbst bei gasarmen Ladungen. Da aus letzterem Grunde ferner die Verdichtung die Anwendung gasärmerer Gemische zulässt und diese unter entsprechend geringerer Anfangstemperatur verbrennen, so bedürfen die Cylinderwände ausserdem einer geringeren

Abkühlung, infolgedessen auch mit dem Kühlwasser weniger Wärme in Verlust geht.

Aus vorstehenden Erörterungen leuchten die grossen Vorteile ein, welche mit einer Verdichtung der Ladung vor der Zündung verbunden sind und zur allgemeinen Anwendung derselben geführt haben. Je grösser die Verdichtung vor der Zündung getrieben wird, je schneller wird im Allgemeinen die Umsetzung der Wärme in Arbeit während der Verbrennung vor sich gehen. Hierbei ist, im Fall die Verdichtung im Arbeitscylinder der Gasmaschine vorgenommen wird, die Annahme nicht ausgeschlossen, dass eine Abnahme des Gasgehaltes der Ladung vor der Eintrittstelle bis nach dem Kolben hin stattfindet und dass infolgedessen die auch zuerst entzündeten gasreichen Teile schnell verbrennen, während die dem Kolben nahe liegenden Teile der Ladung später und langsamer zur Verbrennung gelangen (Nachbrennen).

Obwohl die Verdichtung des Gas-Luftgemisches durch Zusammendrücken in einem besonderen Apparate vor dem Eintritt in den Arbeitscylinder stattfinden könnte, so steht doch ganz allgemein die Anordnung im Gebrauch bei welcher der Arbeitscylinder mit Arbeitskolben zugleich für diese Aufgabe dient, weil hierdurch nicht nur an Einfachheit der ganzen Anlage, sondern auch der Vorteil gewonnen wird, dass die bei der Kompressionsarbeit entwickelte Wärme nicht verloren geht und ausserdem zugleich die Entzündbarkeit der Ladung erhöht.

Unter der Annahme, dass sich die Gasmaschine im Gang befindet, zerlegt sich naturgemäss der Vorgang im Cylinder an einer Kolbenseite in folgende vier Abschnitte:

1. Der Kolben saugt während des ganzen Hubes an.
2. Der Kolben drückt während des ganzen Rückganges den angesaugten Inhalt zusammen.
3. Am Ende des Kolbenrückganges erfolgt die Entzündung der Ladung und damit die Wirkung der Expansion, also die eigentliche Abgabe der Energie an den vorwärts bewegten Kolben.
4. Der Kolben stösst während des abermaligen Rückganges die Rückstände der Verbrennung aus.

Diejenigen Maschinen, in welchen der erläuterte Vorgang zur Durchführung gelangt, hat man mit dem Namen Viertaktmaschinen belegt. Trägt man die verschiedenen 4 Abschnitte des Vorganges in ihrer Reihenfolge auf, so entsteht das Diagramm Fig. 505 (f. S.). In demselben bedeuten die Abszissen

AB die Atmosphären-Linie
ab die Periode des Ansaugens
bc „ „ der Kompression
cd „ „ der Expansion
de „ „ des Ausstossens

und die Ordinaten die zugehörigen Pressungen. Legt man die vier Perioden, wovon die erste und die vierte ab und de bei einer vollkommenen Maschine gleich sind und bei der Bestimmung der Kraftentwicklung ausser Betracht bleiben können, zusammen, so erhält man das Leistungsdiagramm Fig. 506. Aus diesem geht als Arbeitsfläche fghi hervor, welche u. A. erkennen lässt, dass eine plötzliche Drucksteigerung cg unmittelbar nach der Zündung

eintritt, dass aber beim Beginn des Austritts die Verbrennungsrückstände noch unter einer Pressung i h stehen und weiter expansionsfähig sind,

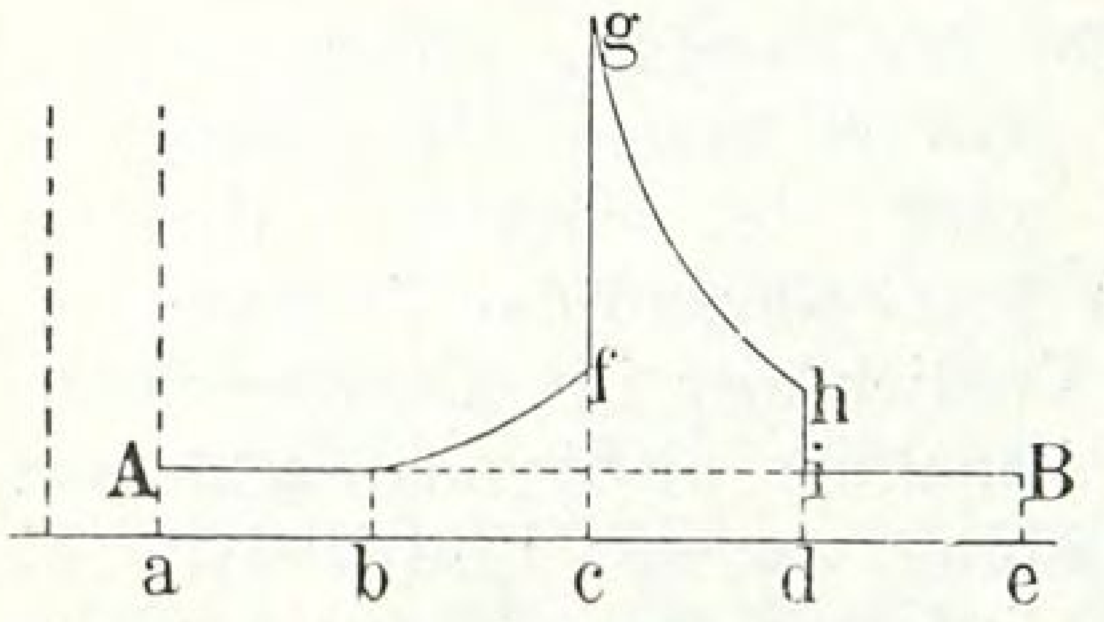
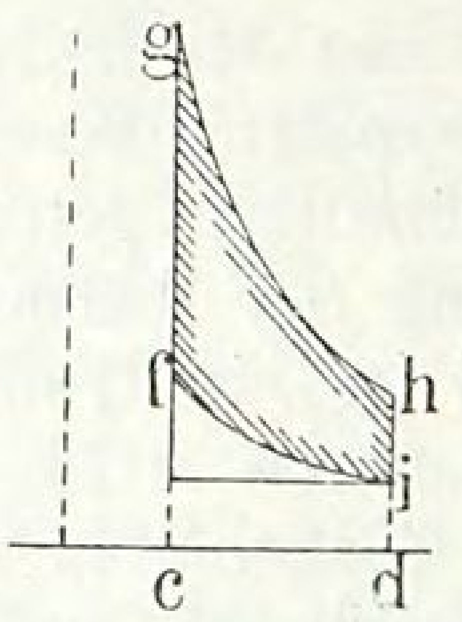
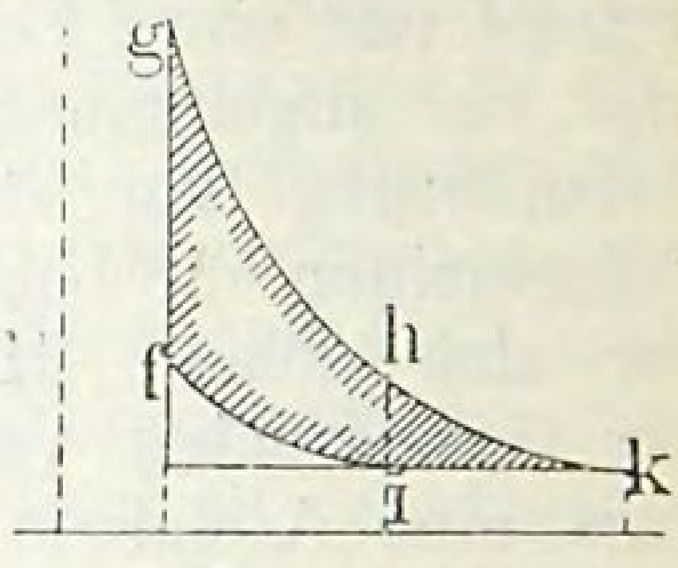


Fig. 505



506



507.

weshalb dieser Rest des Druckes für nutzbare Arbeit in Verlust geht d. h. das ganze in Fig. 507 mit h i k bezeichnete Stück des Diagramms könnte noch ausgenutzt werden.

Ausserdem ergeben sich an den Viertaktmaschinen noch mehrere sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Zunächst ist hervorzuheben, dass von je vier Kolbenhüben nur ein einziger unter der Wirkung der Expansion der verpuffenden Gase also der motorischen Kraft ausgeführt wird, während diesem einen Hube drei gegenüberstehen, die ausschliesslich von der lebendigen Kraft eines Schwungrades (S. 244) zu bethätigen sind. Da hiebei von demjenigen Hube, welcher die Verdichtung der Ladung erzeugt, sogar eine nicht unerhebliche Arbeitsleistung zu erfolgen hat, so setzt die Viertaktmaschine verhältnismässig sehr schwere Schwungräder voraus. — Weil die vier Kolbenhübe zwei Umdrehungen der Schwungradwelle entsprechen, so nennt man im Einklang mit der Bezeichnung einfach- und doppelwirkend die Viertaktmaschine auch wohl halbwirkend.

Um während des Kompressionshubes die Verdichtung des Gasgemisches zu ermöglichen, ist zur Aufnahme desselben ein bestimmter Raum anzubringen. Der Einfachheit wegen wird dieser Raum durch eine cylindrische, kegelige oder kugelförmig abgerundete Verlängerung des Arbeitscylinders, selten durch einen Nebenbehälter gewonnen und nach dem gewählten Kompressionsverhältnisse bemessen. Da man eine Verdichtung der Ladung auf 3 bis 4 Atmosphären als Regel annehmen kann, so gewinnt man den Raum am einfachsten, indem man den Cylinder um $^1/_2$ oder $^1/_3$ des Hubes verlängert. Derselbe Raum bleibt beim Ausstossen der Rückstände mit demjenigen Anteil der letzteren gefüllt, der zur Vermischung mit dem Explosionsgemenge bestimmt und bei der Feststellung des Mischungs- und Verdünnungsverhältnisses mit maassgebend ist (S. 612).

Um selbstverständlich von den Vorteilen der Verdichtung nichts zu verlieren, hat die Zündung in dem Augenblicke zu erfolgen, in welchem die Kompression ihren Höhepunkt erreicht hat. Da letzteres der Fall ist, wenn sich der Kolben am Hubende und somit bei Kurbelmaschinen in der Todpunktlage befindet, so folgt daraus der Hauptgrund, weshalb die Zündung bei der Todpunktlage stattfinden soll. Die Todpunktzündung hat aber den wichtigen Erfolg, dass trotz der explosionsartig auftretenden Energie, Stösse nicht vorkommen, und dass es dieser Stossfreiheit wegen zulässig ist, eine grosse Kolbengeschwindigkeit zu wählen.

Den durch Einfachheit ausgezeichneten Viertaktmaschinen haften zwei erhebliche Unvollkommenheiten an. Erstens sind sie nur halbwirkend und

deshalb zur Durchführung des Betriebsprozesses mit verhältnismässig schweren Schwungmassen zu versehen, wenn der Gang derselben nicht sehr unregelmässig ausfallen soll. Zweitens ist, da derselbe Raum des Cylinders sowohl zur Verdichtung der Ladung als zur Expansion nach der Zündung dient, das Ausdehnungsverhältnis dem Verdichtungsverhältnisse gleich. Diese Gleichheit hat, wie oben erklärt ist, im Allgemeinen zur Folge, dass die Expansion nicht über die durch den Rauminhalt gegebene Grenze ausgenutzt werden kann, dass demgemäss die Verbrennungsrückstände noch eine hohe Spannung besitzen und also unter nennenswertem Arbeitsverluste ausgestossen werden.

Zur Beseitigung der genannten Unvollkommenheit sind verschiedene Wege eingeschlagen, unter welchen folgende als die wichtigsten gelten können:

1. Die Verbindung zweier Maschinen in der Weise, dass beide Kolbenstangen an gleichgerichteten Kurbeln angreifen, und der Viertaktprozess beider Maschinen derart verteilt wird, dass die eine ansaugt während die andere ausstösst, wodurch auf je eine Umdrehung der Kurbelwelle eine Zündung kommt (Zwillingsgasmaschine; Otto).

2. Die Anwendung zweier Cylinder, wovon der eine nach Art der Dampfmaschinen Kompoundmaschinen (S. 497) als Hochdruckcylinder dient, in dem die Explosion stattfindet, während der zweite als Niederdruckcylinder, die noch expandirenden Gase des ersten aufnimmt, (Verbundgasmaschine; Otto).

3. Unter Beibehaltung des Viertakts eine Einrichtung der Steuerung, wonach die Dauer der Ansaugung verkleinert wird, und infolgedessen die Verdichtung kleiner als die Ausdehnung ausfällt (Köhler).

4. Eine Verteilung der Thätigkeit, indem man die eine Kolbenseite A zum Ansaugen und Komprimiren, die zweite B zur Kraftentwicklung und Ausstossung benutzt. Bewegt sich der Kolben z. B. von rechts nach links mit B voraus, so saugt A an; geht er von links nach rechts so verdichtet A die Ladung und drückt sie in einen Behälter. Aus diesem tritt die Ladung bei der Bewegung nach links auf die Seite B, wird entzündet, zur Wirkung gebracht und bei der Bewegung nach rechts entfernt. Selbstverständlich findet hierbei die Zündung nicht in der Todpunktlage statt. (Seraine).

5. Die Anordnung des Zweitakts, welche darin besteht, dass die vier Abschnitte, Ansaugung, Verdichtung, Ausdehnung und Ausstossung nach einander während nur einer Wellenumdrehung verlaufen. Der Zweitakt ist die Grundlage derjenigen Kompressionsmaschinen, welche als einfach wirkende bezeichnet werden und sich vor Allem durch einen entsprechend höheren Gleichförmigkeitsgrad auszeichnen. Um mit diesem bemerkenswerten Vorteil der Zweitaktmaschinen den möglicht günstigsten Verlauf des Prozesses bezüglich der Kraftabgabe zu verbinden sind Konstructionen ausgedacht, welche die Ausdehnungsverhältnisse von der Verdichtung unabhängig machen, so dass bei einer bestimmten Verdichtung der Expansionsraum eine Grösse erhalten kann, welche eine Druckabnahme der Gase bis z. B. auf 1 *Atm.* also den günstigsten Erfolg ermöglicht, der bereits oben durch Vergleich der Diagramme Fig. 506 und 507 erklärt wurde. Als die wichtigsten Ausführungen können folgende angesehen werden

a. Ausstattung eines Cylinders mit zwei Kolben, die solche Bewegungen ausführen, dass die vier Abschnitte Ansaugen, Verdichten, Ausdehnen und Ausstossen, nach einander während nur einer Umdrehung erfolgen und zwar, um die Grösse der Verdichtung unabhängig von dem Ausdehnungsverhältnisse zu machen, mit einer Durchführung, wobei die Einzelhübe der Kolben verschieden lang gewählt werden können (Differenzial-Gasmaschine Atkinson).

b. Ausstattung des Arbeitscylinders mit nur einem Kolben, der jedoch in eigenartiger Weise so mit der Kurbel verbunden wird, dass er während einer Wellenumdrehung zwei Hin- und Hergänge von ganz verschiedener Hublänge ausführt, entsprechend dem Bogen der von der Kurbel beschrieben wird. Der erste Hub (vorwärts) 1 2 (Fig. 508) des Kolbens dient zum Ansaugen und beträgt z. B. eine halbe Cylinderfüllung; der zweite

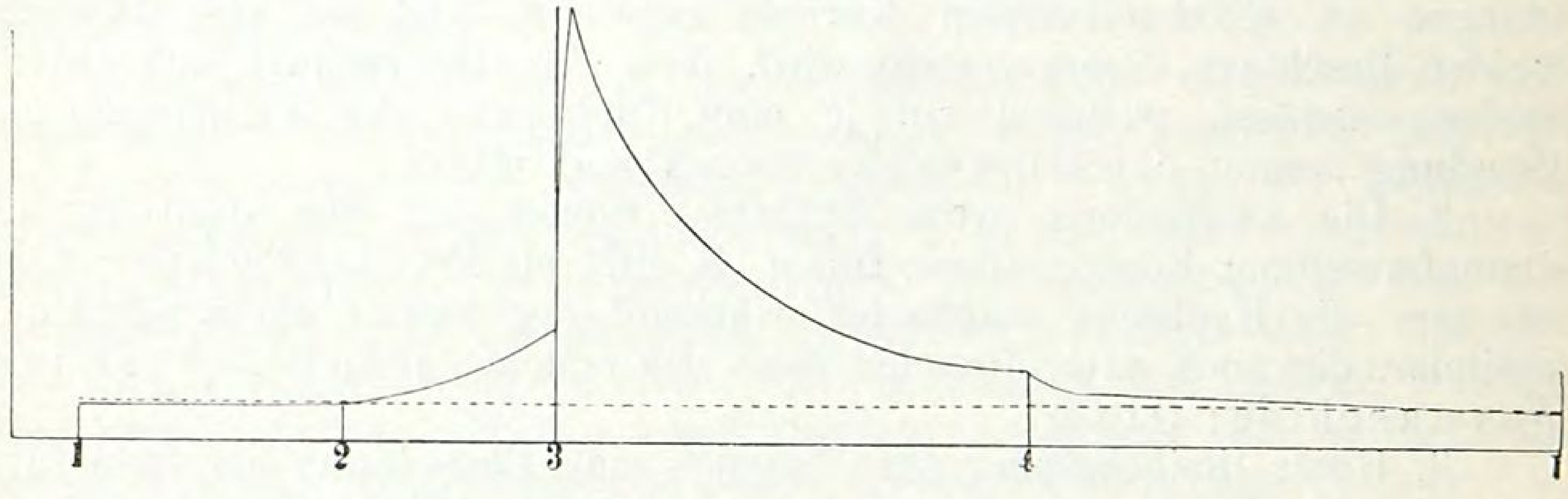


Fig. 508.

Hub (rückwärts) 2 3 verdichtet und beträgt etwa $^2/_5$ der ganzen Hublänge; der dritte Hub (vorwärts) 3 4 findet unter der Wirkung der Expansion statt und umfasst etwa $^4/_5$ der Hublänge; der vierte Hub (rückwärts) mit der ganzen Hublänge 4 1 schiebt die sämmtlichen Rückstände aus dem Cylinder. Übereinandergeschoben entsteht das Diagramm (Fig. 509) wie es vom Indikator gezeichnet wird, und welches die sehr ausgiebige Ausnutzung der Expansion erkennen lässt (Atkinson).

c. Ausstattung des Arbeitscylinders mit einem Kolben, der an beiden Seiten zur Wirkung ausgenutzt wird, wobei sich die Arbeiten folgendermaassen verteilen. Bei der Bewegung des Kolbens von der Kurbelwelle zurück wird zunächst von der Arbeitsseite der vom vorigen Prozesse zurückgebliebene Cylinderinhalt längs des halben Kolbenhubes ausgestossen und sodann unter gleichzeitiger Zuführung von Gas, auf der zweiten Hälfte des Kolbenweges verdichtet. Während dieses Rückganges saugt die andere Seite des Kolbens Luft ein. In der Todpunktlage erfolgt darauf die Zündung und nach dieser die Expansion längs des ganzen Kolbenweges. Bei dieser Vorwärtsbewegung des Kolbens presst letzterer die vorher eingesaugte Luft in einen Hohlraum des Maschinengestelles unter einem Drucke der ausreicht, dass die Luft aus diesem Behälter während des Ausstossens der Verbrennungsprodukte in den Cylinder

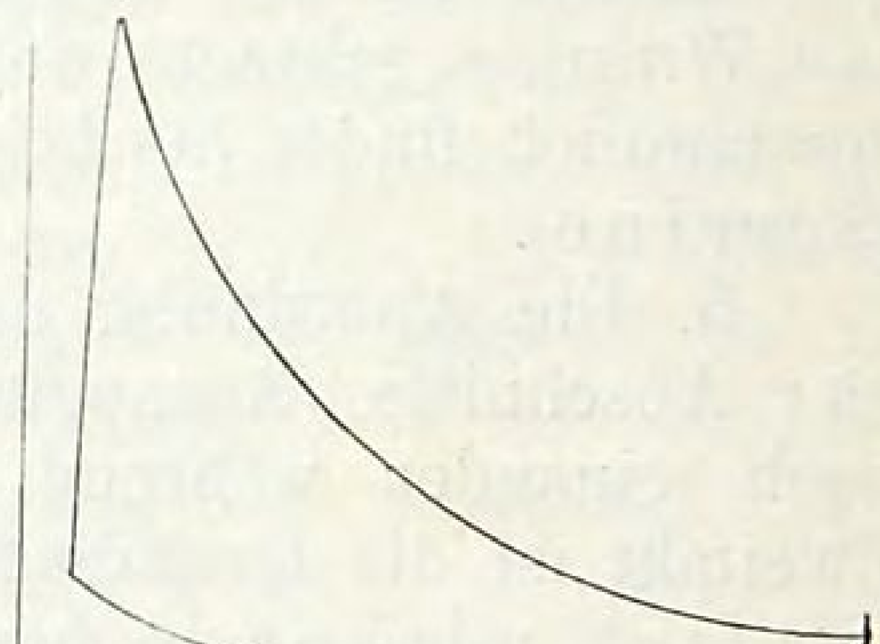


Fig. 509.

treten und die letzteren vor sich her treiben kann. Desgleichen ist es notwendig das Leuchtgas zum Eintritte in den Cylinder soweit zusammenzudrücken, als die Ueberwindung des im Cylinder herrschenden Druckes erforderlich macht. Zu diesem Zwecke dient eine besondere Gasdruckpumpe mit einem Antrieb von der Kurbelwelle. Erreicht ist also bei dieser Anordnung die Unabhängigkeit des Kompressionsverhältnisses zu dem Expansionsverhältnisse und die Expansion längs des ganzen Kolbenweges mit dem regelmässigen Gang einer einfach wirkenden Maschine und der Zündung in der Todpunktlage (Benz.).

d. Anwendung zweier Cylinder, wovon der eine als Arbeitscylinder der andere als Pumpcylinder zum Ansaugen und Verdichten dient. Bewegt sich hierbei der Pumpkolben nach einer Richtung so saugt er Gasluftgemisch an; nach der anderen Richtung dagegen presst er die angesaugte Ladung zusammen und durch ein Rückschlagventil in den Arbeitscylinder, wo sich das Gemenge mit den zurückgebliebenen Gasen mischt. Stehen beide Cylinder in der gleichen Todlage so erfolgt die Zündung und mit ihr das Zuschlagen des Ventils und die Ausdehnung der Gase im Arbeitscylinder, also die Abgabe der motorischen Kraft an den Kolben, der bei seinem Rückwärtsgang die Verbrennungsprodukte ausstösst und zwar längs $^3/_5$ seines Weges, nach dem sodann der Austritt abschliesst und Kompression der Rückstände gleichzeitig mit der Verdichtung des Gasluftgemisches beginnt, so dass beide Kolben gemeinschaftlich verdichten (Wittig-Hees; Körting-Lieckfeld; Clerk).

III. *Steuerung und Regulirung.*

Um in den Gasmaschinen das Explosionsgemische zur günstigen Wirkung zu bringen, ist nicht nur eine bestimmte Menge des Explosionsstoffes (Gas, Benzin etc.) für jede Ladung erforderlich, sondern auch mit der nötigen Menge Luft innig zu mischen.

Ferner bedarf es stets zur Hervorbringung eines regelmässigen Ganges der Maschine einer Ausgleichung zwischen der Arbeitsabgabe der Maschine und dem zugeführten Arbeitsvermögen.

Endlich ist für eine genügende Abführung der Verbrennungsprodukte Sorge zu tragen.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind die Gasmaschinen mit einer Anzahl von Organen auszustatten, die zu einander in einem gewissen Zusammenhange stehen und in ihrer Gesammtheit passend Steuerung und Regulirung genannt werden.

Bei der Anlage von Gasmaschinen (S. 603) schaltet man in die Gasleitung zunächst einen oder zwei Gummibeutel ein, um zu verhindern, dass beim Ansaugen durch die Maschine ein Rückschlag in die Gasleitung stattfindet. Ferner bringt man zweckmässig zur Entnahme von Luft einen sogenannten Saugtopf an, durch den die Luft streicht, um mitgerissene Unreinigkeiten abzusetzen.

Soweit es sich dann um die Regulirung der passend erscheinenden Zusammensetzung der Ladung handelt, kann dieselbe in einfachster Weise dadurch erfolgen, dass man denjenigen

Öffnungen, durch welche Gas und Luft angesogen wird, Querschnitte giebt, die mit Rücksicht auf die Druckgrössen dem Mengenverhältnisse Gas : Luft entsprechen, was wieder in einfachster Weise durch Einschaltung von Ventilen durchführbar ist. Im Allgemeinen legt man beide (Gas- und Luft-) Ventile dann nahe zusammen, in ein gemeinschaftliches Gehäuse, damit unmittelbar nach der Abmessung der Explosionsstoff mit der Luft gründlich gemischt werden kann (Mischkammer), oder vereinigt sogar beide Ventile zu einem einzigen (Mischventil).

An den Gasmaschinen von Otto findet sich ganz allgemein die in Fig. 510 gezeichnete Einrichtung eines Regulirventils für Gas. Das letztere tritt von der Gasleitung g durch das Absperrventil a in den Raum r und durch das gesteuerte Regulirventil v in den Mischraum, dem von anderer Seite die Luft durch ein Saugventil zugeführt wird. Das Ventil v schliesst sich durch die Spiralfeder x und öffnet sich durch den Druck eines Knaggens auf die Ventilstange j, der an der sog. Steuerwelle angebracht ist.

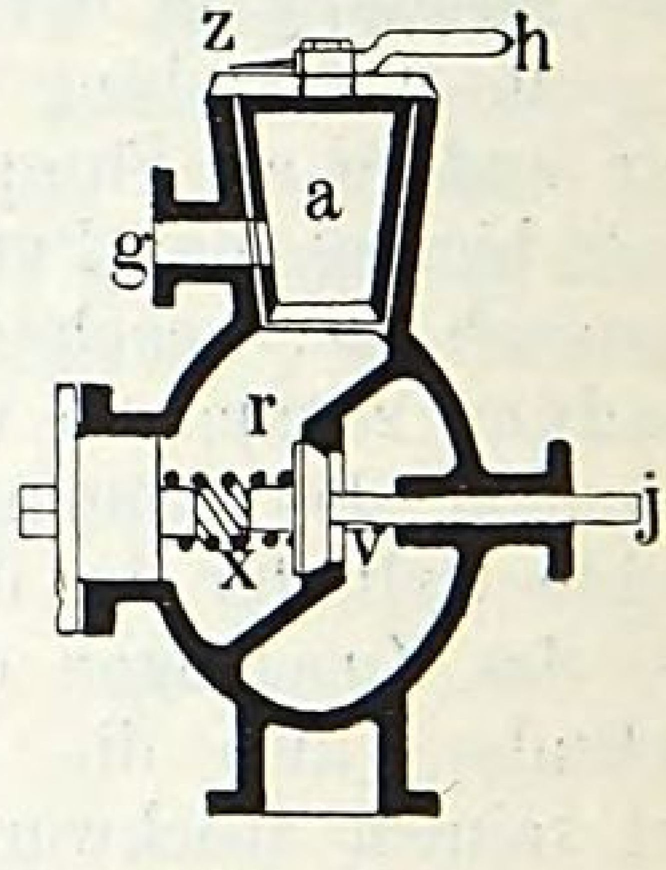


Fig. 510.

Als typische Anordnung eines Mischventils kann die in Fig. 511 dargestellte (Körting) gelten. Das Gehäuse G besitzt einen zentrischen Zugang a für Gas, einen Zugang b für Luft und oben einen Kanal zum Austritt des Gemisches. Der cylindrische Gaszugang a und der ringförmige Luftzugang b werden durch das gemeinschaftliche Ventil v bedeckt, das um das Gas durchzulassen mit 4 Bohrungen ee versehen ist, während die Luft durch den Ringspalt i i in den Mischraum m tritt und sich hier mit dem Gase mischt. Damit bei jedem Ventilhub das Gas im richtigen Verhältnisse zur Luftmenge eintritt, ist für die Gasöffnung ein parabolischer Zapfen z angebracht. Die Hebung des Ventils erfolgt durch das Ansaugen, die Hubbegrenzung durch einen Ansatz am Deckel, das Schliessen durch eine Spiralfeder und die Führung durch vier Flügel.

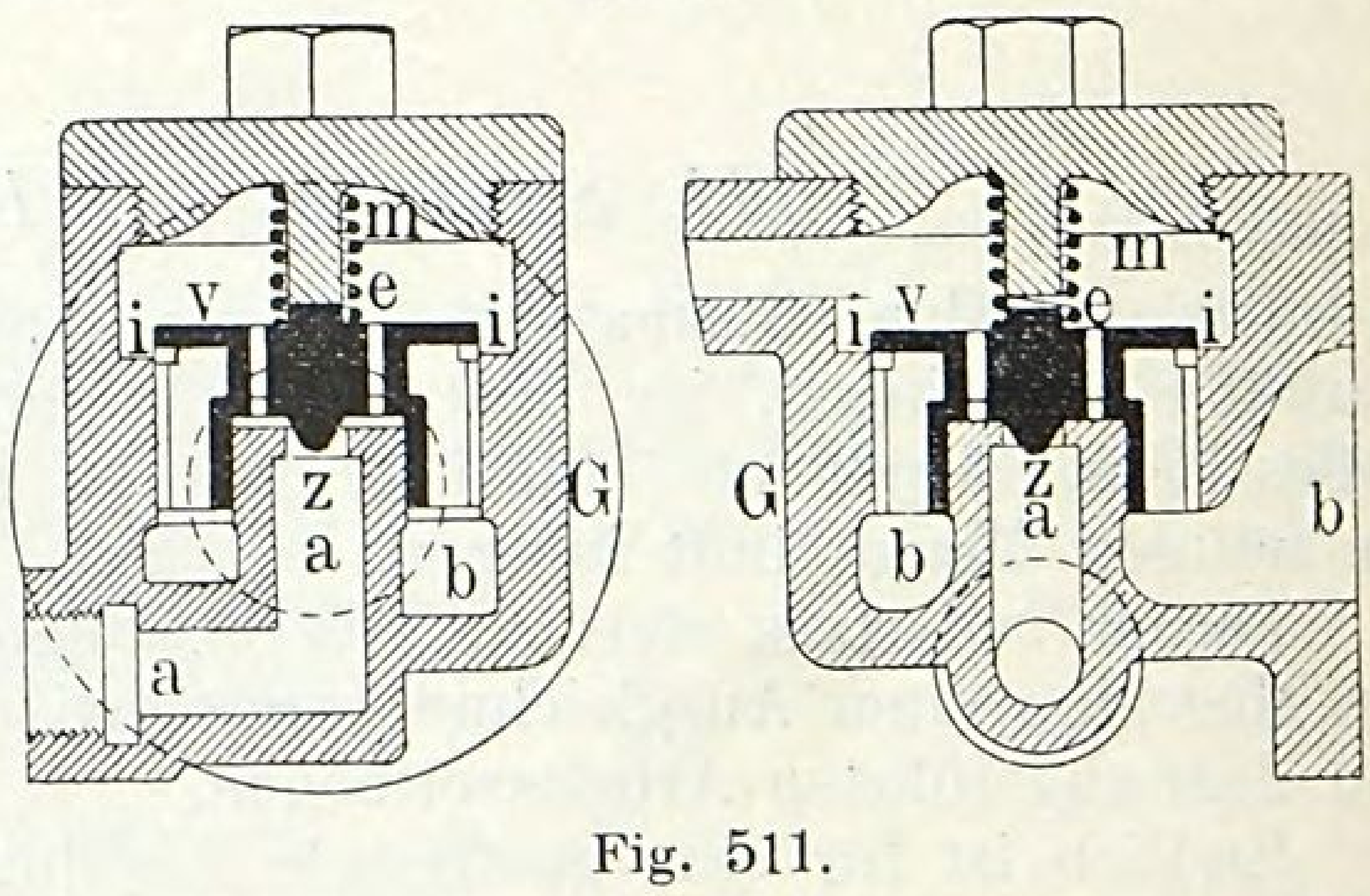


Fig. 511.

Bei dem ähnlichen Mischventil (Adam Fig. 512) tritt die Luft durch b und die 4 Löcher e e, das Gas dahingegen durch 3 Seitenkanäle i in den Raum m, wenn das Doppelventil v gesenkt ist, und dann über den Rand des unteren Ventiltellers zum Cylinder.

Das in Fig. 513 dargestellte Mischventil (Lutzky) besteht aus einem Doppelsitzventil in dem Gehäuse y, welches auf der Vorkammer a neben dem Arbeitscylinder angebracht ist. In dem Gehäuse befindet sich eine ringförmige Erweiterung i i, der das Gas zuströmt, während das Rohr A

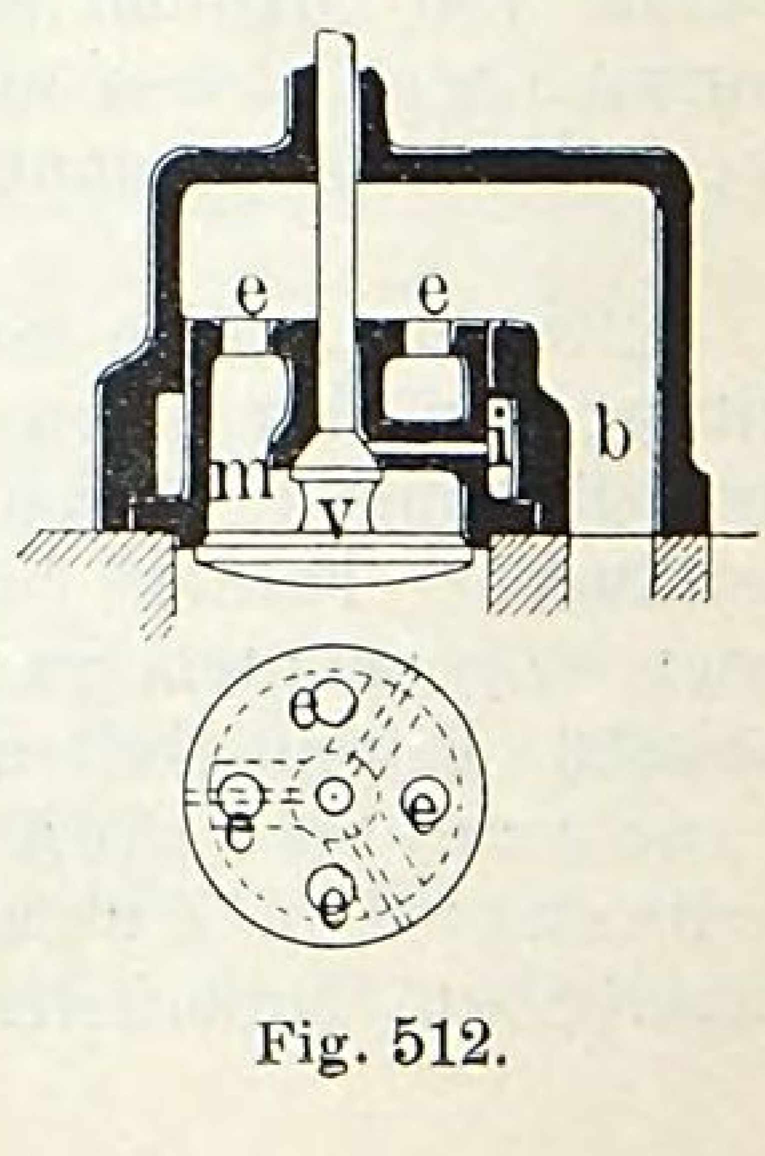


Fig. 512.

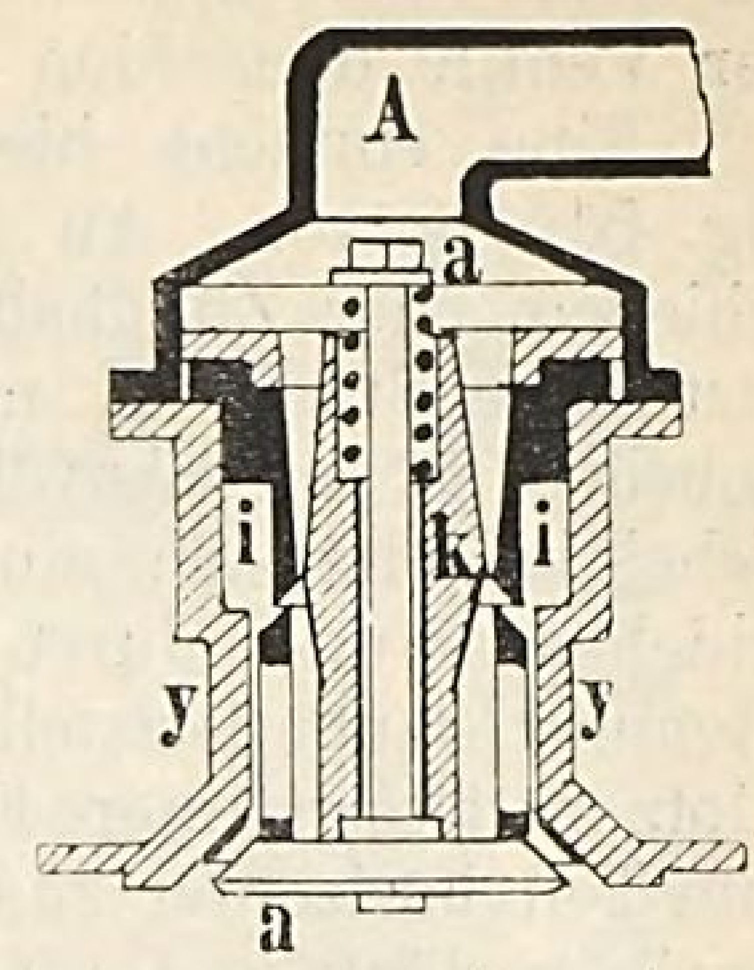


Fig. 513.

zur Einführung von Luft dient. Der obere Ventilsitz schliesst den Ringkanal i i, der untere die Kammer a ab, infolge eines Federdruckes auf die Ventilstange. Beim Öffnen des Ventils aber, welches durch das Ansaugen stattfindet, giebt der obere Sitz den Gaseintritt i frei, wodurch die Gaseinströmung gegen einen im Innern des Gehäuses sitzenden Doppelkegel k erfolgt und zwar unter gleichzeitiger Mischung mit der ebenfalls angesaugten durch A eintretenden Luft, welche an dem Kegel geführt, rechtwinklig auf den Gasstrom stösst und daher sich mit dem Gase zu einem innigen Gemische vereinigt, das durch a in den Cylinder gelangt.

Die Regulirung des Ganges, so weit es darauf ankommt, die Geschwindigkeit der Maschine also die Umdrehzahl der Hauptwelle gleichmässig zu erhalten, geht von der letzteren aus, indem diese einen Regulator in Thätigkeit setzt, der auf Organe (Steuerorgane) für die Zufuhr des Kraftmediums also der Ladung einwirkt. — Als Regulatoren stehen zunächst Zentrifugalregulatoren der verschiedensten Ausführung (S. 250 u. f.) sodann Pendel und eigenartige Druckapparate in Gebrauch in Verbindung mit Schaltvorrichtungen, die wieder ihrerseits diejenigen Teile beeinflussen, welche die Steuerorgane in Thätigkeit setzen.

Im Allgemeinen sind bei diesen Steuerungen zwei Methoden üblich. Nach der einen Methode (Deutz) regulirt man in der Weise, dass man bei zunehmender Geschwindigkeit eine oder mehrere Explosionen ausfallen lässt. Nach der zweiten Methode verändert man die Zusammensetzung der Ladung, indem man mehr oder weniger Gas ansaugt, also die Ladung verstärkt oder schwächt, oder unter Beibehaltung eines gleichmässig zusammengesetzten Gemisches die Ladung selbst vermindert oder vermehrt.

Zur Durchführung der ersten Methode benutzt man (Deutz) die auf der Steuerwelle zur Bewegung des Gasventils v (Fig. 514) dienende Muffe l, welche mit einem Daumen d auf den Hebel ey einwirkt, der das S. 616 Fig. 509 beschriebene Gasventil v öffnet. Diese Muffe wird nämlich auf der Steuerwelle H durch einen Hebel verschoben, der vom Regulator bewegt wird. Geht die Umdrehzahl der Maschine über eine bestimmte Grösse hinaus, so verschiebt die Regulatorhülse vermittelst eines Winkelhebels die Muffe l auf der Welle H soweit, dass der Daumen d den Ventilhebel e y nicht mehr erfasst, so dass das Ventil so lange ungeöffnet bleibt, bis die normale Umdrehzahl der Kurbelwelle also auch des Regulators wieder eingetreten ist.

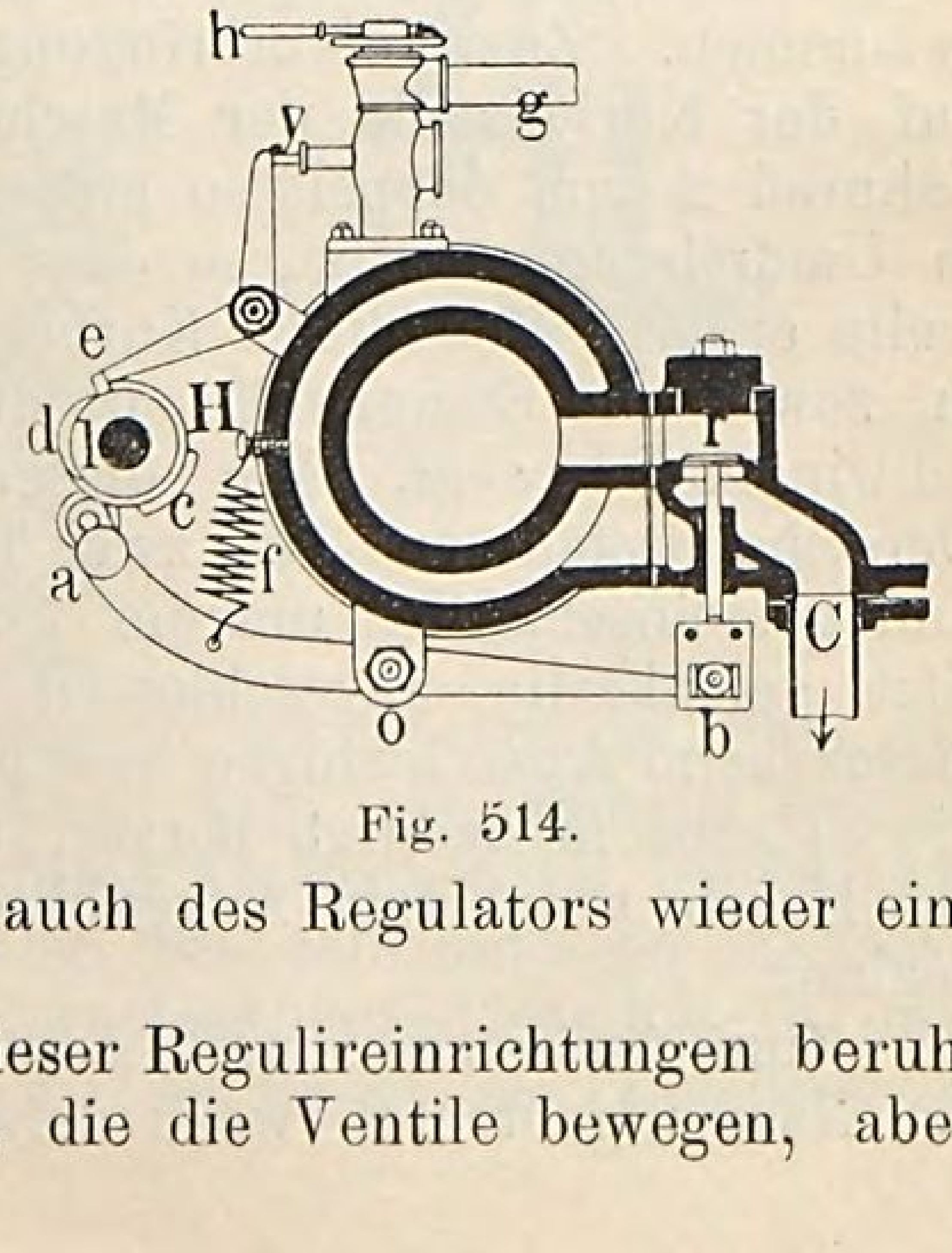


Fig. 514.

Das Wesen in der anderen Gruppe dieser Regulireinrichtungen beruht auf der Anbringung schwingender Massen, die die Ventile bewegen, aber

bei dem Überschreiten bestimmter Geschwindigkeiten die zur Bewegung der Ventile dienenden Organe in Ruhe lassen.

Eine einfache hierher gehörende Anordnung (Pinkney) geht aus Fig. 515 hervor. An der Stange a, welche zur Bewegung des Zündschiebers oder Zündhahnes dient und von der Steuerwelle bewegt wird, sitzt eine Stütze h mit einer kurzen Drehachse zur Aufnahme eines Hebels k (Stössel). Auf diesem Hebel befindet sich ein verschiebbarer und durch eine Klemmschraube feststellbarer Klotz m, dessen untere Fläche zum Teil horizontal zum Teil schräg verläuft und auf einer Rolle q aufliegt, angepresst durch die im Federhause j liegende Feder und Druckstange i. Verschiebt sich die Stange a bei normalem Gang der Maschine in der Richtung des Pfeiles, so läuft m mit der schrägen Fläche über die Rolle q und hebt k in die gezeichnete Lage. Infolgedessen stösst k gegen den Hebel e, der nun mittels einer Zugstange gg und Hebels gf das Gasventil c öffnet. Überschreitet die Maschine die gewöhnliche Geschwindigkeit, so bewegt sich auch der Block m schneller über die Rolle und schleudert demgemäss den Stössel höher hinauf, so dass dessen Spitze über den Hebel e hinweggeht, wodurch die Öffnung des Gasventils c so lange unterbleibt als der schnellere Gang anhält. Nach Rückkehr des Normalganges erfolgt auch wieder regelmässiges Öffnen des Ventils c. Die Einstellung auf die gewünschte Geschwindigkeit erfolgt durch die Schraube s, welche die Spannung der Feder j regelt.

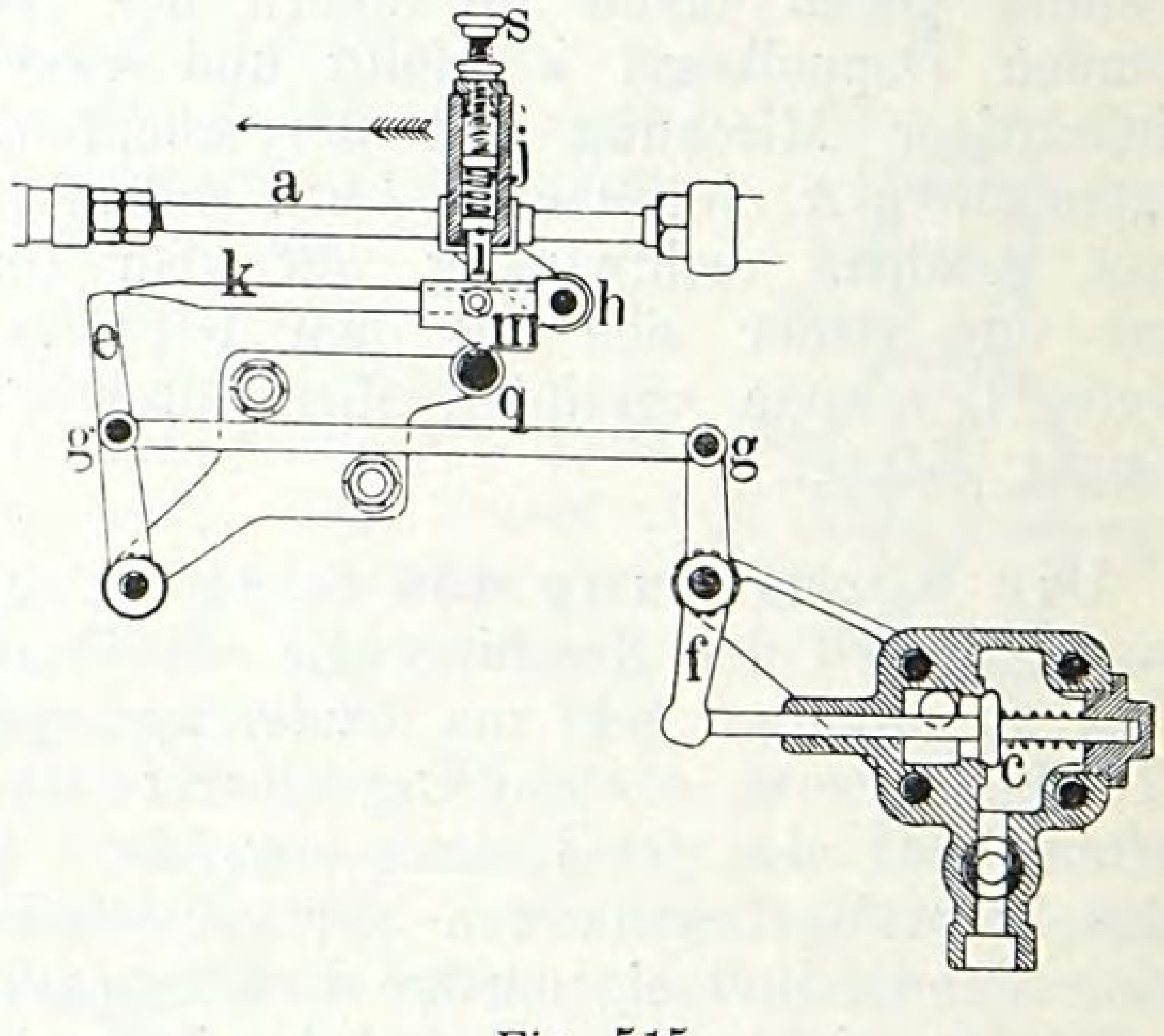


Fig. 515.

In der durch Fig. 516 dargestellten Konstruktion (Lutzky) ist das in Rede stehende Prinzip in einem frei schwingenden Pendel zur Anwendung gekommen. Zur Hervorbringung der Bewegungen befindet sich zunächst auf der Kurbelwelle der Maschine ein Zahnrad y, welches ein anderes Zahnrad x von doppelt so grossem Durchmesser und damit eine Kurbel k in Umdrehung versetzt, so dass letztere die halbe Umdrehzahl der Hauptwelle erhält. Von dieser Kurbel wird der Hebel h und damit eine Scheibe m sowie die Steuerwelle n durch eine Lenkstange l angetrieben und schwingend bewegt. Vor dieser Scheibe hängt der sog. Pendelregulator. Derselbe besteht aus den zwei Teilen p und q, die sich bei o vereinigen und gemeinschaftlich um die Achse o schwingen. An dem oberen Arm q sitzt gelenkartig angeschlossen die Stange s des Gasventils v, so dass dieses beim Ausschwingen von pq sich öffnet. Dieses Ausschwingen bringt die Scheibe m dadurch hervor, dass sie mit der Nase r gegen einen Stift des Hebels p in dem Augenblicke drückt, in welchem die Saugperiode beginnt.

Zum Aussetzen einer Ladung wird der Hebel p aus dem Bereiche der Nase r gebracht, wozu derselbe derart mit o verbunden ist, dass er

auch seitwärts in der Pfeilrichtung ausschwenken also um o sich drehen kann. Das Ausschwenken selbst erfolgt sodann durch einen zweiten auf der Scheibe m angebrachten Daumen, der seitwärts gegen einen in das Pendel eingeschraubten längeren Stift u wirkt und das Pendel während der Auspuffperiode an die Seite schiebt. Da diese Bewegung mit einem Stoss erfolgt, so fliegt das Pendel weiter zur Seite und führt eine Schwingung aus, welche so bemessen ist, dass nach der Rückkehr des Pendels der Stift t genau unter der Nase r in die Führungsrinne der Scheibe m trifft. Wird nun aber infolge einer Geschwindigkeitszunahme der Maschine und der Scheibe m der Stoss gegen u grösser, so schwingt das Pendel weiter aus, der Stift t trifft nicht unter die Nase r und in die Führungsrinne, weil der Stift u sich gegen die Seite der Scheibe m legt; folglich fällt der Anstoss der Nase r gegen den Stift t und somit ein Öffnen des Gasventils aus. Um die Schwingungsgrösse des Pendels dem gewünschten Gang der Maschine gemäss einstellen zu können, ist auf einem Seitenarm ein verschiebbares Gewicht g angebracht.

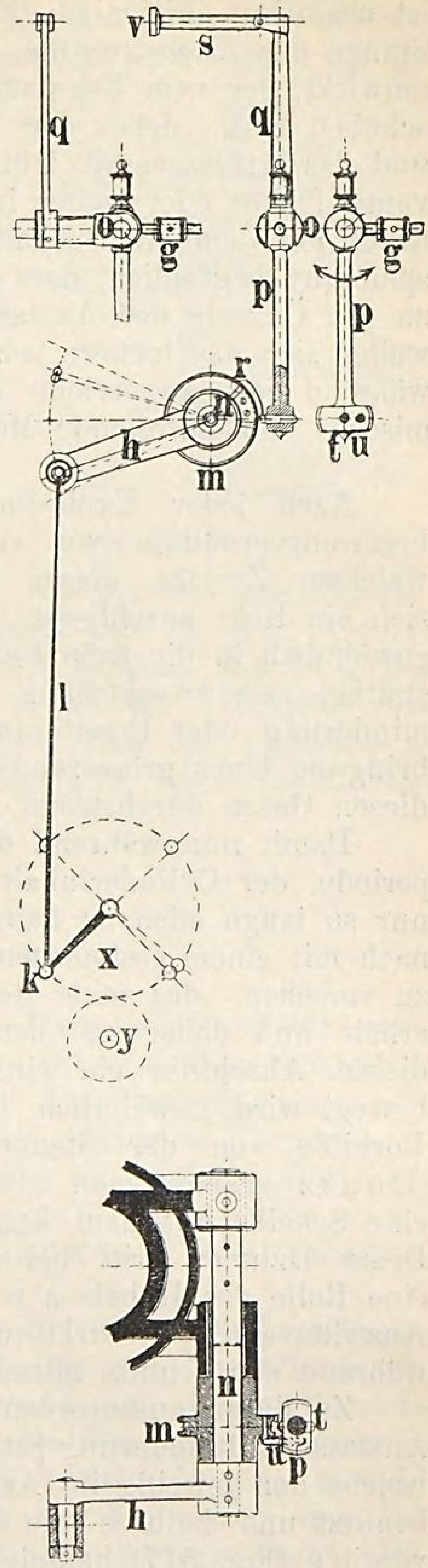


Fig. 516.

Indem sich der Ausfall von Explosionen ebenfalls durch Offenlasen des Austrittsventils bewirken lässt, wenn die Eintrittsventile sich selbstthätig bewegen, weil bei offenem Austrittsventil die Gase aus der Ableitung zurücktreten und die Bildung eines Vakuums verhindern, so benutzt man auch diesen Umstand, um durch Offenlassen des Austrittsventils eine oder mehrere Explosionen ausfallen zu lassen. (Körting).

Das Überspringen von Explosionen hat naturgemäss eine Vergrösserung der Unregelmässigkeiten im Gang der Maschine zur Folge. Legt man auf grosse Gangregelmässigkeit Wert, so ist es daher vorzuziehen, die Regulirung durch andere Ladungen vorzunehmen, indem man für die Herbeiführung eines langsameren Ganges eine schwächere Ladung und umgekehrt eintreten lässt. Im Fall die Steuerung so eingerichtet ist, dass die bestimmte Normalleistung nicht überschritten wird, so kommt es nur darauf an, eine vermehrte Geschwindigkeit durch Abschwächung der Ladung zu beseitigen. Da diese Art der Regulirung bei selbstthätigen Einlassventilen durch zeitweiliges Offenlassen des Auslassventils möglich ist und sich durch besondere Einfachheit auszeichnet, so findet sie ausgedehnte

Verwendung. — Unter den hiebei in Betracht kommenden Ausführungen ist besonders diejenige (Körting) bemerkenswert, bei welcher auf die Stange des Auslassventils ein Daumen durch Vermittlung eines Keiles einwirkt, der vom Regulator in der Ventilstange unter dem Daumen verschoben wird, daher den letzteren früher oder später zum Angriff bringt und das Auslassventil früher oder später schliesst, also auch das Einlassventil früher oder später in Thätigkeit setzt. Da das letztere durch Federdruck auf dem Sitze gehalten wird, so ist wegen der Zunahme der Federspannung begreiflich, dass die Ventilhebung in einer bestimmten Beziehung zu der Öffnung des Auslassventils steht d. h. sich um so mehr öffnet, je weiter sich das letztere schliesst, so dass, dieser Beziehung entsprechend, während der Saugperiode ohne Änderung der Zusammensetzung des Gemisches, die eintretende Menge sich dem Kraftbedürfnisse anpasst.

Nach jeder Explosion schiebt der rückkehrende Kolben die Verbrennungsprodukte vor sich her aus dem Arbeitscylinder hinaus, zu welchem Zwecke dieser mit einem Austrittskanal versehen ist, an dem sich ein Rohr anschliesst, welches die ausgestossenen Gase und Dämpfe gewöhnlich in die freie Luft, mitunter und da, wo es die Verhältnisse gestatten, sehr zweckmässig in unterirdische Abzüge leiten. — Zur Verminderung oder Beseitigung des lästigen Auspuffgeräusches ist die Anbringung eines grösseren Gefässes (Abblasetopf) zu empfehlen, der von diesen Gasen durchströmt wird und als eine Art Windkessel wirkt.

Damit nun während der Explosions-, Expansions- und Kompressionsperiode der Cylinderinhalt nicht entweichen kann, ist der Austrittskanal nur so lange offen zu halten, als der Austritt der Gase dauert und demnach mit einem gesteuerten Ventil (Austrittsventil, Auslassventil) zu versehen, das seine Bewegung ebenfalls in bestimmten Zeitabschnitten erhält und daher zu den Steuerorganen gehört. In der Regel dient zu diesem Abschluss ein einfaches Kegelventil, das auf verschiedene Weise bewegt wird, gewöhnlich indessen nach dem S. 110 Fig. 157 gegebenen Vorbilde von der Steuerwelle aus. Die hierzu dienende Einrichtung (Deutz) erkennt man aus Fig. 513 S. 619. Auf der Steuerwelle H sitzt eine Scheibe mit dem konzentrisch verlaufenden Nocken oder Daumen c. Dieser Daumen tritt bei einer bestimmten Stellung der Welle H gegen eine Rolle des Hebels a o b, der mit dem Ende b gegen die Spindel des Austrittsventils r wirkt und dieses also durch den Daumen c öffnet, während der Schluss mittels der Feder f hervorgebracht wird.

Zu dieser ausserordentlich häufig in Verwendung stehenden Art der Auslassventil-Steuerung ist neuerdings eine Einrichtung hinzugekommen, welche den jeweilig im Arbeitscylinder herrschenden Druck zur Steuerung benutzt und dadurch die Steuerwelle H entbehrlich macht. Das Auslassventil e (Fig. 517) befindet sich auf dem Arbeitscylinder C mit der nach aussen tretenden Ventilstange y, gegen die eine Spiralfeder f zum Schliessen des Ventils e zur Wirkung kommt. Vor dem Cylinder hängt ein um den Bolzen b schwingender Hebel c b d, der mittels der Stange x an den hin- und hergehenden Steuerschieber z angeschlossen ist, der seine Bewegung direkt von der Kurbelwelle durch ein Kreisexzenter empfängt und auf c b d überträgt. Unter dem bügelartig gebogenen Ende d dieses Hebels hängt eine horizontale Stange s durch eine Feder i gegen den Bügel d ge-

zogen, so dass sie bei der Schwingung des Hebels c b d gegen die Stange y des Auslassventils stösst und dieses öffnet. Mit dem Stössel s ist eine vertikale Stange h verbunden, die an einer elastischen Platte u sitzt, welche über das halbkugelige Gefäss g gespannt ist, das mittels des Rohres k mit der Luftzuleitung oder mit der Gaskammer in Verbindung steht. Wird nun beim Vorwärtsgang des Kolbens die Ladung angesaugt, so pflanzt sich diese Saugwirkung durch das Rohr k in das Gefäss fort, bringt die elastische Platte zum Sinken und mittels der Stange h den Stössel s in eine Lage II. Beim darauf folgenden Rückgange des Kolbens, begleitet von der Bewegung des Schiebers z nach links, geht der Stössel s an dem Ventilstift y vorbei und lässt e also während der Kompression geschlossen. Beim nächstfolgenden Vorwärtsgang des Kolbens geht z nach rechts. Während des darauf stattfindenden Rückganges des Kolbens tritt in g Atmosphärendruck, damit die Lage I des Stössels s und ein Aufstossen des Ventils e also während des vierten Hubes ein. — Statt des Apparates g mit elastischer Platte u ist bei anderen Ausführungen auch ein kleiner Cylinder mit Kolben angebracht.

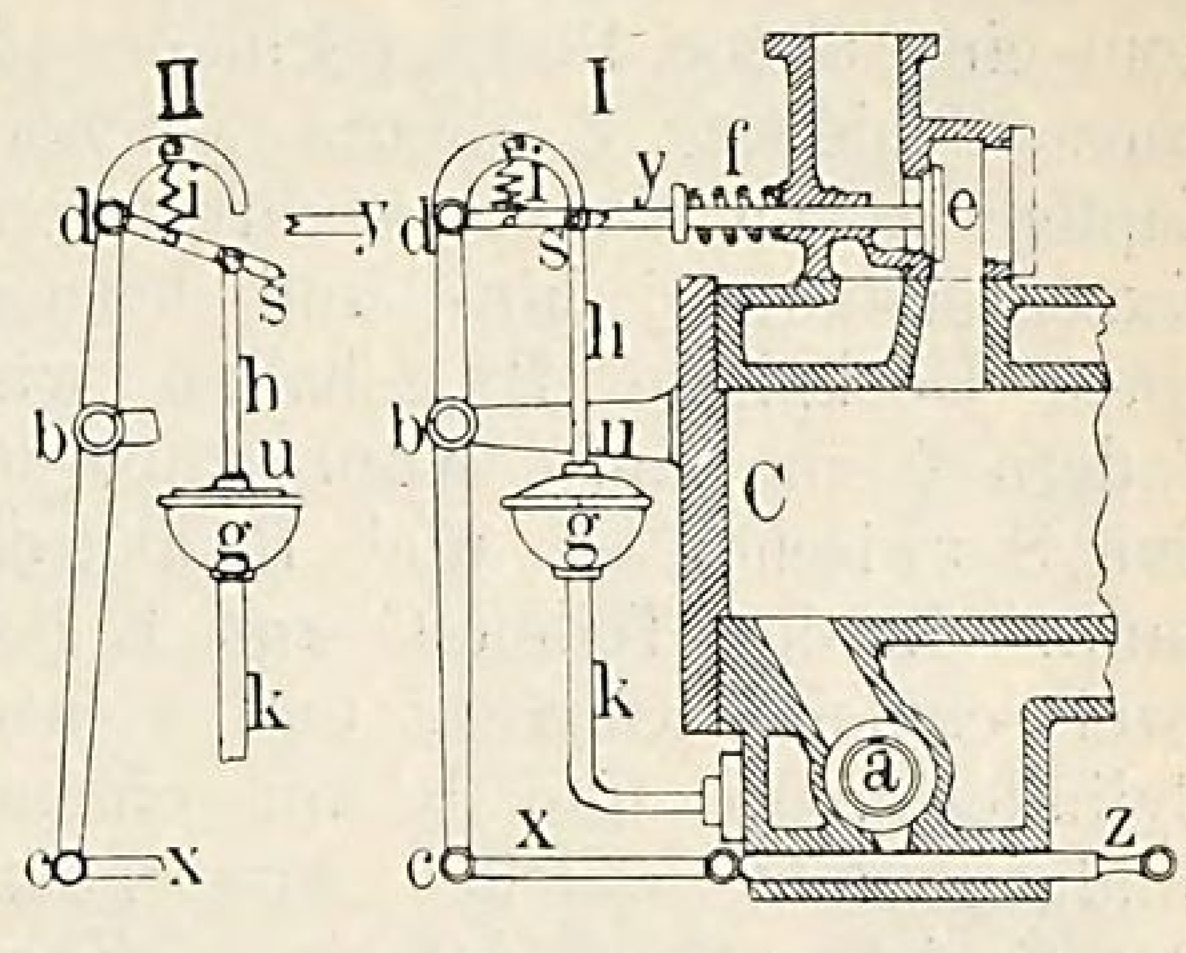


Fig. 517.

IV. *Zündung.*

Zu den wichtigsten Einrichtungsteilen der Gasmaschine gehört unzweifelhaft derjenige, dem die Aufgabe zufällt, die Ladung rechtzeitig durch Entzündung zur Verpuffung zu bringen. Da diese Zündung entweder durch eine brennende Flamme oder einen glühenden Körper oder durch einen überspringenden elektrischen Funken zu erfolgen pflegt, so unterscheidet man auch: Flammenzündung, Glühzündung und Funkenzündung und demgemäss Flammenzünder, Glühzünder und Funkenzünder.

Als Flamme zur Flammenzündung dient wohl stets eine Leuchtgasflamme, welche, an passender Stelle angebracht, die zur Verpuffung erforderliche Wärme der Ladung mitzuteilen hat und aus diesem Grunde in abgemessenen Zeiträumen mit dem Inneren des Verpuffungsraumes in Verbindung zu bringen ist. Hierbei ist nun zu berücksichtigen, dass in Folge der Druckdifferenz zwischen dem Innern des Cylinders und der Atmosphäre, in welcher die Flamme frei brennt, die letztere durch den starken Luftstrom sofort verlöschen würde, wenn man sie nicht diesem Strome entzöge, indem man eine Vermittelungskammer anbringt, durch welche die Entzündungsflamme gewissermaassen dem Cylinderinhalt zugetragen wird.

Zur Erklärung der Anordnungen, welche zur Flammenzündung dienen, sei hier die Schieberzündung (Otto) gewählt, welche als Vorbild zu gelten hat, zugleich in Verbindung mit der Vorrichtung zum Laden,

weil beide Thätigkeiten von einem Organ bewerkstelligt werden. (Fig. 518).

Der Arbeitscylinder C ist mit einem Deckel DD abgeschlossen, auf dem eine ebene Platte (Schieberspiegel) E befestigt ist, die zur Aufnahme eines Schiebers S dient, welcher mittels eines Zapfens z von einem exzentrischen Zapfen h und Exzenterstange j hin- und herbewegt und von einer Deckplatte P gehalten wird, die durch Federn f eine sanfte Anpressung bewirkt, so dass sich S zwischen E und P abgedichtet bewegen kann. In den Teilen C und E befinden sich die zwei schmalen Kanäle a und b, wovon a mit dem Cylinderinnern und b mit einem Rohr in Verbindung steht, welches Atmosphärenluft zuführt. Der Schieber S enthält einen Kanal s, der die Schlitze a und b wie ein Dampfschieber bedeckt und mittels einer Durchbrechung c eine Einmündung in ein Rohr besitzt, das an die Gasleitung angeschlossen ist. In der gezeichneten Stellung treten nun Gas und Luft gleichzeitig in den Schieberrraum s ein und bilden die Ladung, welche bei dieser Stellung von S von dem ersten Kolbengang der Viertaktmaschine in den Cylinder gesaugt wird.

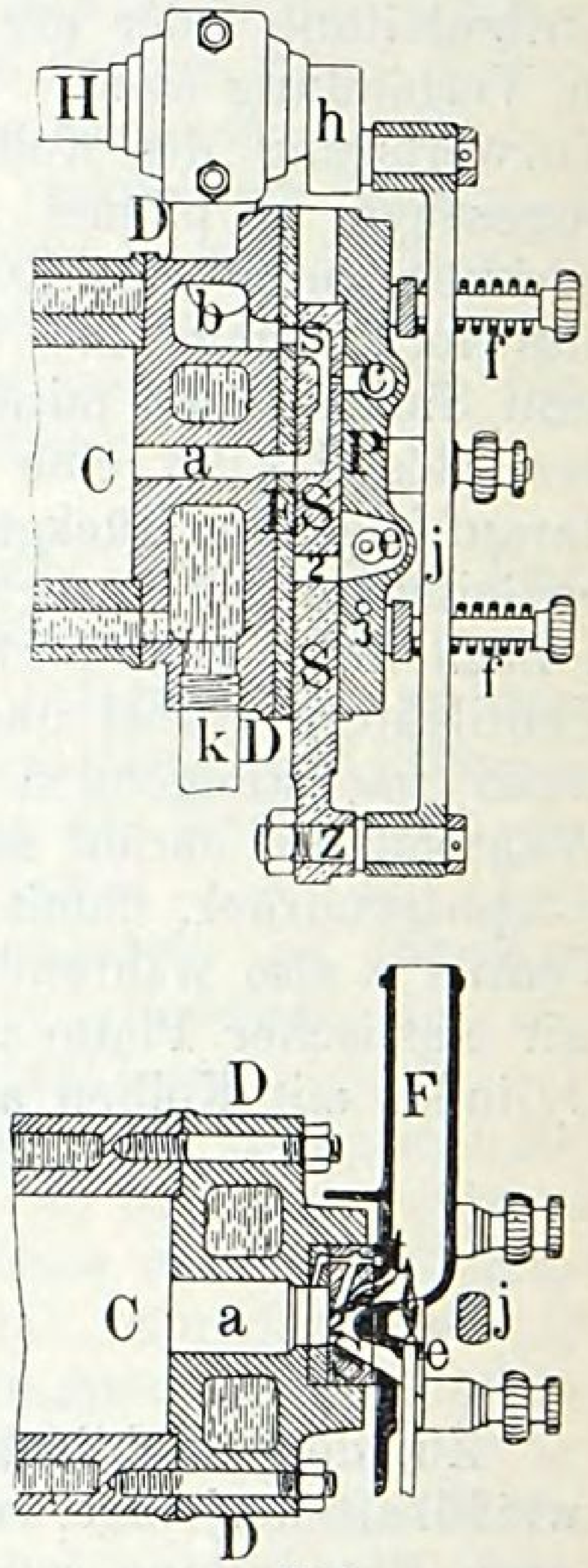


Fig. 518.

Der Schieber S ist nun mit einer Durchbrechung 2 versehen, die bei passender Stellung mit zwei Zweigen sich an zwei Kanäle anschliest, und von der zugleich eine feine Bohrung ausgeht, welche dieser Durchbrechung durch eine Furche t an der unteren Fläche des Deckels P Gas zuführt, während durch den anderen Kanal Luft eintritt, so dass in dem Raum 2 ein brennbares Gemisch von Gas und Luft erhalten wird. An der Vorderseite des Deckels befindet sich über c ein Stutzen zum Anschluss an eine Gasleitung und bei F ein kleiner Kamin, in dem unausgesetzt eine Gasflamme (Zündflamme) brennt und zwar unmittelbar vor dem Kanal 2. Gelangt daher der Schieber in die entsprechende Stellung, so entzündet sich das Gemenge in der Gaskammer 2 und brennt durch die Zufuhr von Gas und Luft aus den Nebenkanälen auch dann weiter, wenn der Schieber so weit verschoben wird, dass die Brennkammer aus dem Bereich der Flamme kommt, wenn nur die Gas- und Luftzufuhr während dieser Verschiebung nicht unterbrochen wird, zu welchem Zwecke die Furchen in einer dieser Verschiebung entsprechenden Länge an der Seitenfläche von P verlaufen. Kurz darauf, nachdem die Brennkammer das Bereich der Flamme verlassen hat, tritt sie infolge der Schieberbewegung vor den Kanal a des Cylinders und bringt dessen Inhalt zur Explosion. In diesem Augenblicke sind die sämmtlichen anderen Verbindungen aufgehoben und somit Rückschläge ausgeschlossen. Um zugleich zu verhindern, dass die auf etwa 3 *Atm.* verdichtete Ladung die Zündflamme auslöscht tritt die oben genannte Bohrung vor eine Öffnung im Schieberspiegel und führt eine Druckausgleichung unmittelbar vor der Zündung herbei.

Dem Schieberzünder steht eine andere Zündvorrichtung zur Seite, bei welcher die Zündkammer nicht in einem Schieber sondern in einem eigentümlichen Ventil angebracht ist. Das Prinzip dieser Ventilzündung (Körting) ist aus Fig. 519 zu erkennen. In einem Ventilgehäuse a befinden sich zwei Ventile m und k, wovon k massiv, m dahingegen mit einer zentrischen kegelförmigen Bohrung versehen ist, die in eine feine Öffnung ausläuft und ausserdem durch mehrere horizontale Bohrungen i mit dem Raum v in Verbindung zu bringen ist, der zum Inneren des Arbeiscylinders führt. Vor Beginn der Zündung haben beide Ventile die in A dargestellte Lage. Das Ventil k ruht auf seinem Sitz das Ventil m dahingegen auf einer Mutter l also im tiefsten Stande, bei dem die Öffnungen i frei in v austreten und die Verbindung zwischen m und v herstellen.

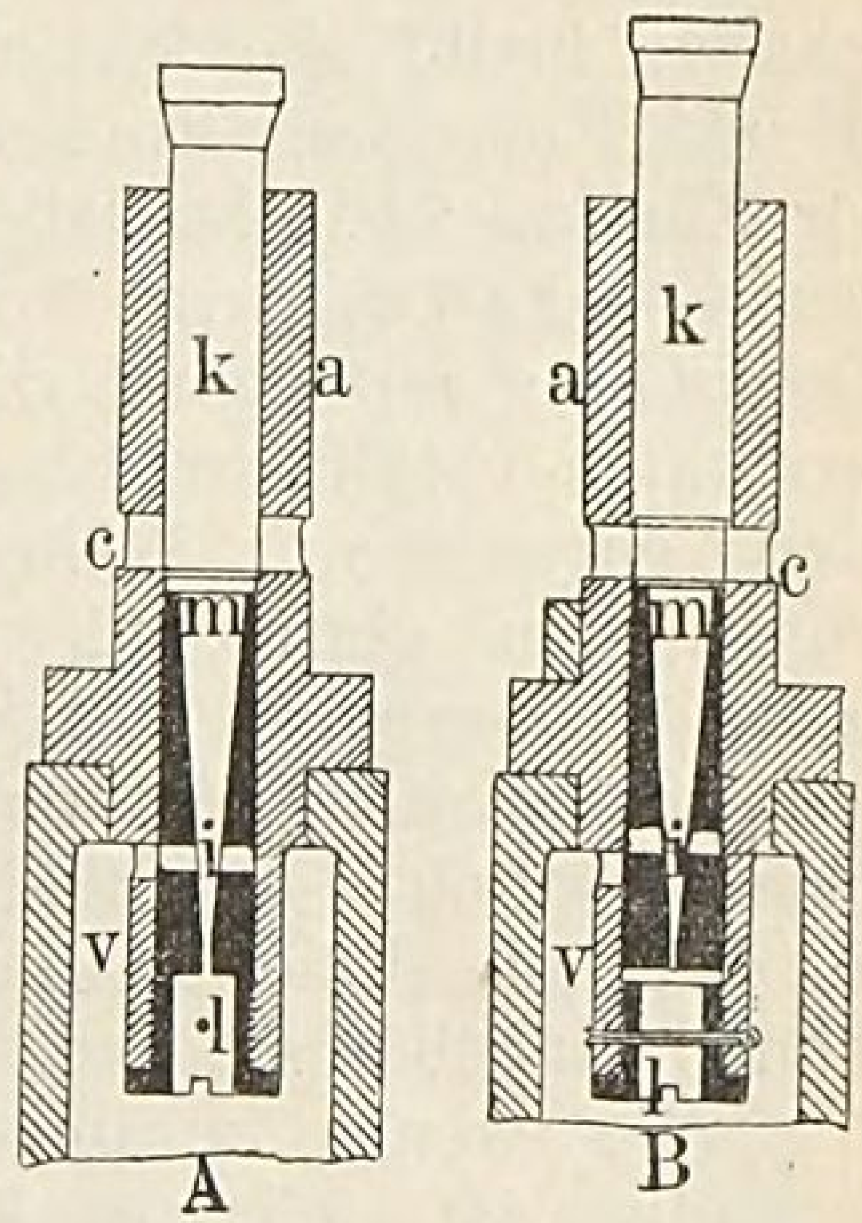


Fig. 519.

Nach Beginn der Kompression wird nun das obere Ventil k von der Betriebswelle aus in die Stellung B vom Sitz gehoben und zugleich das Ventil m durch den Druck im Raum v nach oben gegen seinen Sitz gepresst und dessen Verbindung mit v durch die Bohrungen i aufgehoben, während zugleich durch die feine Spitze des Kegels auch Gasluftgemische in das Innere des Kegels dringt. Da durch Hebung des Ventils k die bei c sichtbaren Löcher frei werden, so entzündet sich der Inhalt von m an der vor c brennenden Flamme und zwar unter Speisung von v aus. Darauf, also unmittelbar mit Erreichung der Todpunktlage, erfolgt eine Abwärtsbewegung des Ventils k, von diesem ein Druck auf m, infolgedessen ein Freiwerden der Löcher i und die Zündung des Cylinder-Inhalts durch die in dem Kegelraum so lange fortbrennende Flamme.

Bei einer Petroleummaschine (Schiltz) ist folgende Zündanordnung getroffen. An dem Arbeitscylinder sitzt ein Gehäuse, das (Fig. 520) mittels des Kanals C an den Explosionsraum angeschlossen ist und bei L einen Kamin mit Zündflamme aufnimmt. Zwischen der Zündflamme und dem Kanal C liegt eine eiförmige Zündkammer z, auf dem einen Ende mit einer Klappe c, auf dem anderen Ende mit einem gesteuerten Schieber s abgeschlossen. In der gegen den Explosionsraum aufschlagenden Klappe c befindet sich eine feine Bohrung zum Durchtritte des Zündgemenges in den Zündraum, das sich entzündet, wenn der Schieber s fortgezogen wird, und die Entzündung unter Aufstossen der Klappe in den Explosionsraum fortpflanzt, nachdem durch den Zündschieber s die Zündkammer z wieder gegen die Flamme abgeschlossen und damit die von innen durch die Klappe nach aussen gerichtete Strömung unterbrochen ist. —

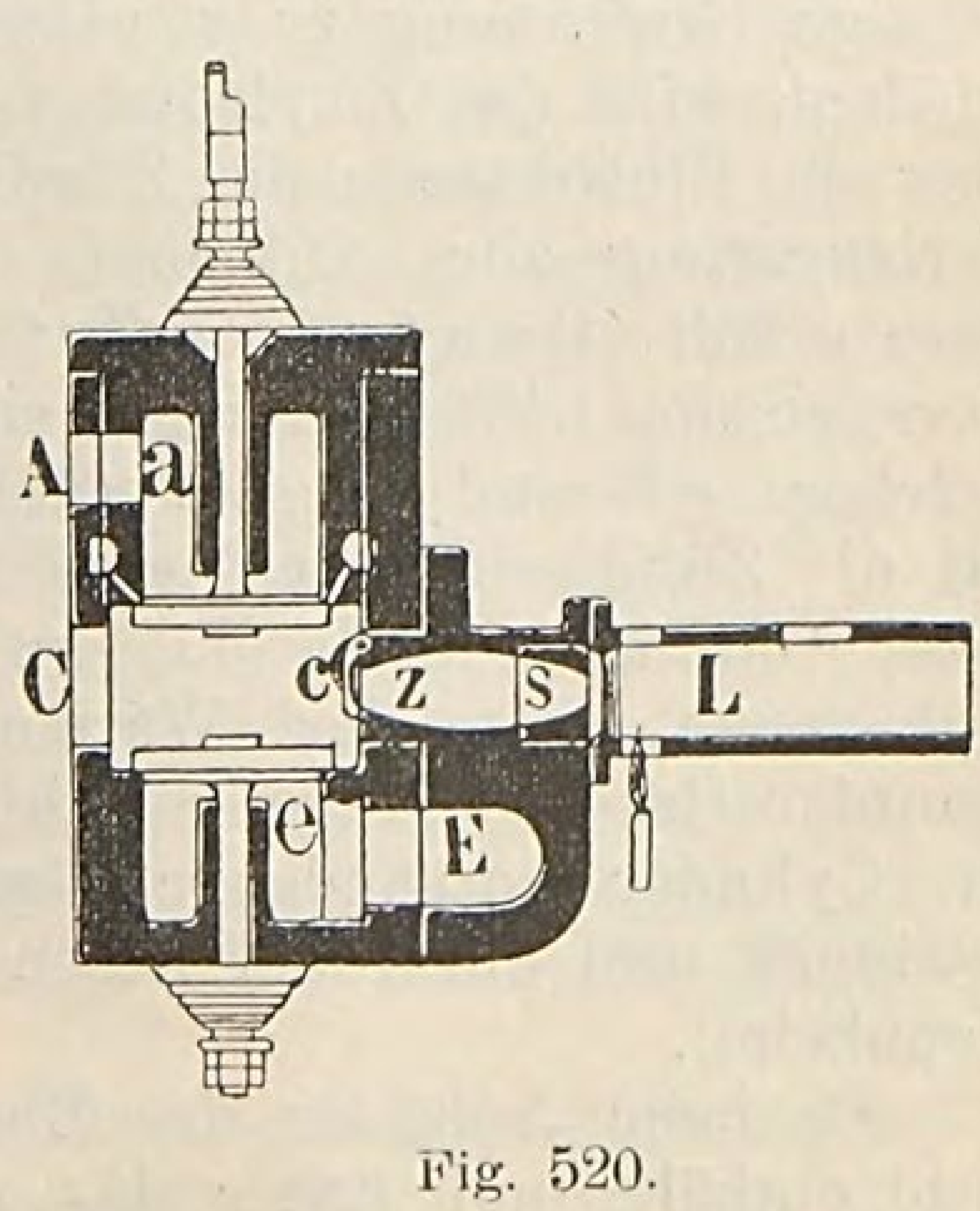


Fig. 520.

In demselben Gehäuse befinden sich die gesteuerten Ventile a und e und zwar a zum Einlassen der Ladung aus dem Raum A und e zum Abführen der Verbrennungsprodukte durch den Kanal E.

Der Glühzünder besitzt als Wärmeträger in der Regel ein Rohr aus Schmiedeisen, Porzellan, Kupfer etc., das von aussen mittels einer stark wärmenden Gas- oder Petroleumflamme im rotglühenden Zustande erhalten bleibt, an einem Ende geschlossen ist und mit dem anderen offenen Ende dem Eintreten des Gasgemisches zugänglich bleibt. Die Art der Zündung beruht dabei auf folgender Grundlage. Das Zündrohr (daher Rohrzündung) bleibt infolge seiner geringen Weite und stetigen Verbindung mit dem Cylinderinneren beim Ausstossen mit Verbrennungsprodukten gefüllt, welche auch während der Saugperiode aus demselben nicht entweichen. Während der Verdichtungsperiode wird dieser Rest jedoch von eintretender Ladung zusammengedrückt, und dadurch der Ladung Gelegenheit gegeben, bis zur Glühstelle des Rohres vorzurücken und sich an dieser zu entzünden. Im Fall hierbei die ermittelte Zündstelle genau erhalten bleibt, findet auch die Zündung sicher und rechtzeitig statt, so dass die Rohrzündung als die einfachste Art der Entzündung sich schnell eingebürgert hat.

Wie wenig zusammengesetzt diese Zündvorrichtung den anderen gegenüber ist, geht aus Fig. 521 hervor. In dem Deckel D des Cylinders C befindet sich eine Bohrung zur Aufnahme des Zündröhrchens a a. Über das letztere ist ein weiteres Eisenrohr R geschoben, in das ein Bunsenbrenner so hineinragt, dass das Zündröhrchen von der Flamme dieses Brenners rotglühend erhalten wird. Die Regelung der Flamme erfolgt von einem gewöhnlichen Hahn in der Gasleitung, die Regelung der Glühstelle durch Verschiebung des Kaminrohres R. — Bei einer anderen Anordnung (Fig. 522) liegt das Zündrohr r quer durch den Kamin K in der Verlängerung des Cylinderladeraumes C, und wird von einer Gasflamme glühend erhalten, welche im Innern des Kamins brennt, der mit einem Futter von Chamotte versehen ist, um die Wärme mehr zusammen zu halten und den Kamin gegen übermässige Erwärmung zu schützen. — Um die Sicherheit der Zündung zu erhöhen, wird das Zündrohr rechtwinklig auf den Zündkanal gesetzt, der über die Eintrittstelle des Zündrohres hinaus eine Verlängerung zur Aufnahme der eingepressten Gase erhält (Deutz). — Zur Vermeidung einer Vorexplosion trifft man auch eine Anordnung, bei welcher während des Verdichtungsspieles sich auf die Zündlochöffnung eine Kugel legt, welche diese Öffnung durch die im Zündrohr eingeschlossenen, von der Wärme des letzteren gespannten Gase so lange verschlossen hält, bis die im Cylinder vorhandenen Gase den Überdruck gewinnen und die Kugel heben (Gasmotorenfabrik Mannheim).

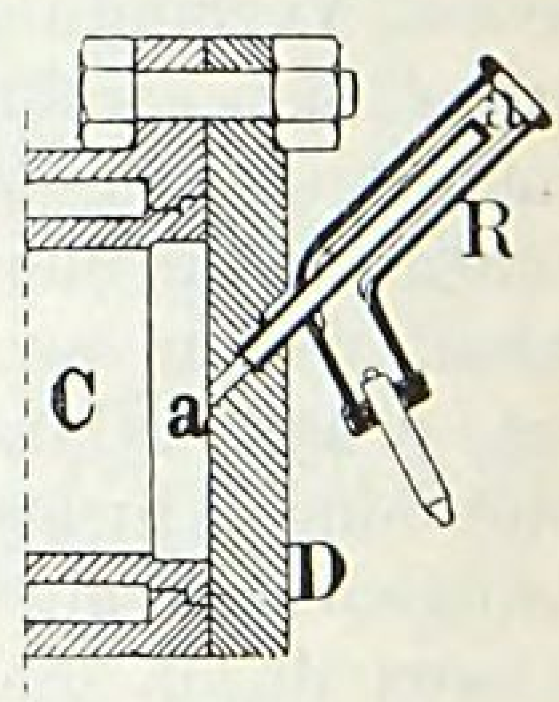


Fig. 521.

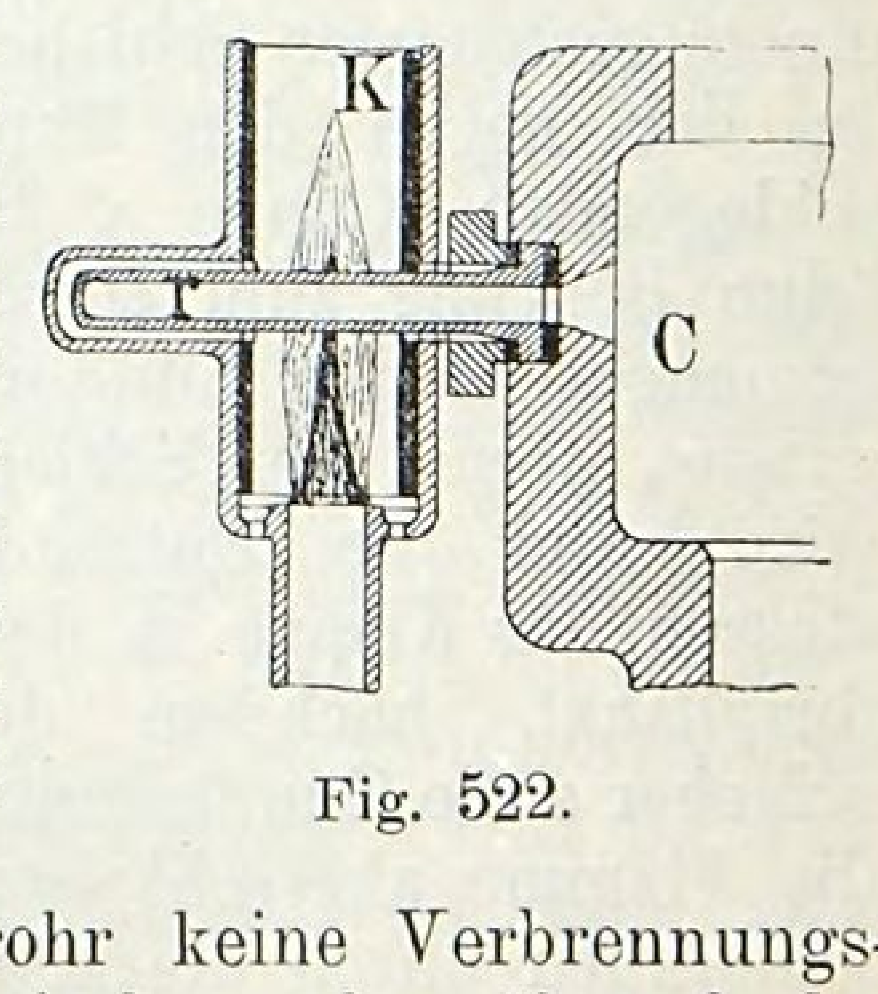


Fig. 522.

Da beim Anlassen der Maschinen das Zündrohr keine Verbrennungsreste enthält und daher das eintretende Gasgemisch noch während der

Saugperiode entzündet (Vorzündung) so versieht man die grösseren Motoren vielfach zur Vermeidung solcher Vorzündungen mit gesteuerten Glühröhren, indem man (Fig. 523) zwischen Rohr r und Laderaum C ein Absperrorgan z. B. einen Hahn h einschaltet, welches durch die Steuerung der Maschine in der Todpunktlage derselben geöffnet wird.

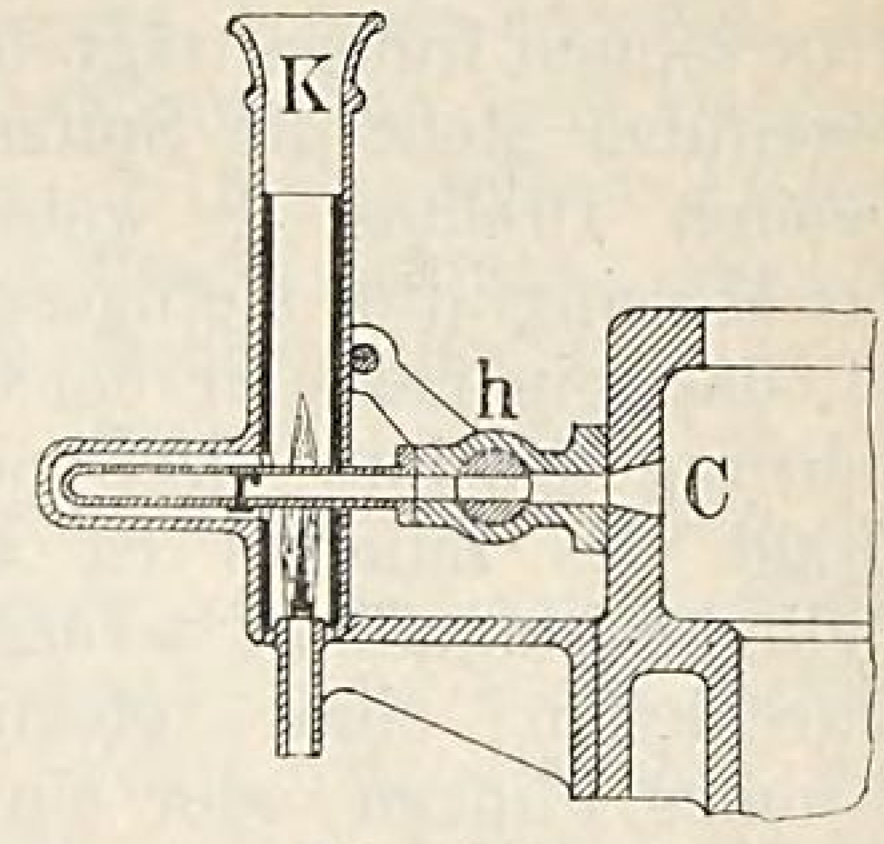


Fig. 523.

Um nur reines Gemisch von Gas und Luft in das Zündrohr gelangen zu lassen, hat man auch eine Steuerung eingerichtet, welche in einem Schieber besteht, der ein rechtwinklig zum Zündkanal abgezweigtes Rohr abschliesst oder öffnet, das zur Aufnahme der Verbrennungsprodukte dient (Heese).

In Fig. 524 ist die Anordnung eines Rohrzünders vor Augen geführt (Körting), der aus einem leicht auswechselbaren Porzellanröhrchen b besteht, welches durch einen Bunsenbrenner rotglühend erhalten wird, der in dem Kamin L brennt, nebst einem Abschlussventil z, das, durch eine Feder f angezogen, den in b hineinreichenden Zündkanal n verschlossen hält. Dieses Ventil ist sowie das Rückschlagventil r, beim Ansaugen des Gasgemisches geöffnet, so dass sich in dem Zündrohr ein der Ansaugespannung entsprechender Druck einstellt. Beim Beginn des Verdichtungshubes schliesst es sich, um kurz vor der Todpunktlage zum Zwecke der Zündung von der Steuerwelle geöffnet zu werden. Das Gasgemisch tritt durch w aus dem Cylinder in das Zündrohr b infolge des hohen Druckes ein und entzündet sich. — Bei einem Petroleummotor ist in diesem Zünder das Abschlussventil z nicht erforderlich.

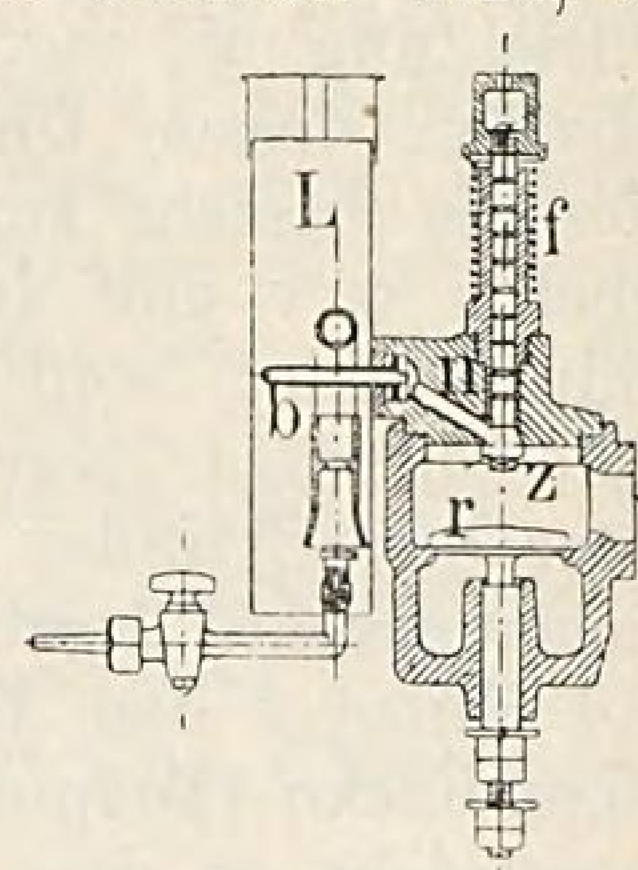


Fig. 524.

Unter elektrischer Zündung versteht man eine Zündung mittels eines elektrischen Funkens, der zwischen Spitzen in dem Explosionsraum überspringt. Zur Erzeugung des Funkenstromes bedient man sich jetzt gewöhnlich kleiner Dynamomaschinen, selten der galvanischen Elemente, mit einem Ruhmkorff'schen Induktionsapparat nebst Hammer. Die Dynamomaschinen erhalten ihren Antrieb von der Gasmaschine. Um beim Anlassen der Maschine trotz der langsamen Bewegung der letzteren die Dynamomaschine in genügende Geschwindigkeit zu bringen ist die Einrichtung einer besonders für diesen Zweck auf die Schwungradwelle gesteckten grossen Schnurscheibe empfehlenswert, die nach eingetretener Normalgeschwindigkeit ausgerückt wird. Bezüglich der weiteren Anordnung ist zu bemerken, dass für gewöhnlich die Pole der Induktionsspulen kurz geschlossen sind und dass es nur der Aufhebung des Kurzschlusses bedarf, um das Überspringen des Funkens und somit die Verpuffung zu bewirken. Die Spitzen bestehen aus Platten und sind an Kupfer- oder Messingteile angeschlossen, welche mit isolirenden Porzellancylindern ihre Befestigung erhalten.

Als Beispiel einer elektrischen Zündungsvorrichtung kann die in Fig. 525 dargestellte (Benz) gelten. Der positive Draht + des Induktions-

apparates ist durch die Klemme m mit einem Messingknopf n verbunden, der an einem in der Deckplatte D befestigten Porzellancylinder o sitzt, der den spitzauslaufenden Draht q in seinem Innern trägt. Diesem gegenüber steht die Spitze eines zweiten Drahtes r, welcher in das Messingfutter s eingeschraubt ist, das seinerseits in der Deckelbohrung festsitzt. Der negative Draht des Zünders ist an den Cylinder hingeführt, so dass beim Durchleiten eines elektrischen Stromes Funken oder ein Lichtbogen von q nach r überspringen. Um nun das Überspringen der Funken nur im Augenblicke der Zündung zu bewirken, ist eine Einrichtung mit sog. Kurzschluss getroffen, dessen Unterbrechung das Springen einer Funkenfolge bewirkt. Dieselbe besteht zunächst in einem Stahldraht x, der an einem Winkelhebel x w v und durch Anlegen gegen den Knopf n den erwähnten Kurzschluss bildet, weil der Strom nunmehr direkt durch den Cylinder geschlossen wird. Zur Unterbrechung des Kurzschlusses ist auf einer kleinen, unter dem Cylinder gelagerten, schwingenden Welle a, welche zugleich das Ausgangsventil bewegt, ein Hebel t festgekeilt, der mittels der Stange u und Hülse y den Winkelhebel von x in Schwingung setzt, im passenden Augenblicke (Todpunktlage) den Draht x abhebt und damit den Kurzschluss unterbricht, so dass der Strom durch q geht, nach r überspringt und die Explosion hervorruft. Zur Übertragung der Schwingung von t auf v w x ist eine in der Hülse y sich verschiebende Stange u gewählt, damit sich diese so lange ohne Einfluss auf den Draht x bewegen kann, bis die Todpunktlage eintritt.

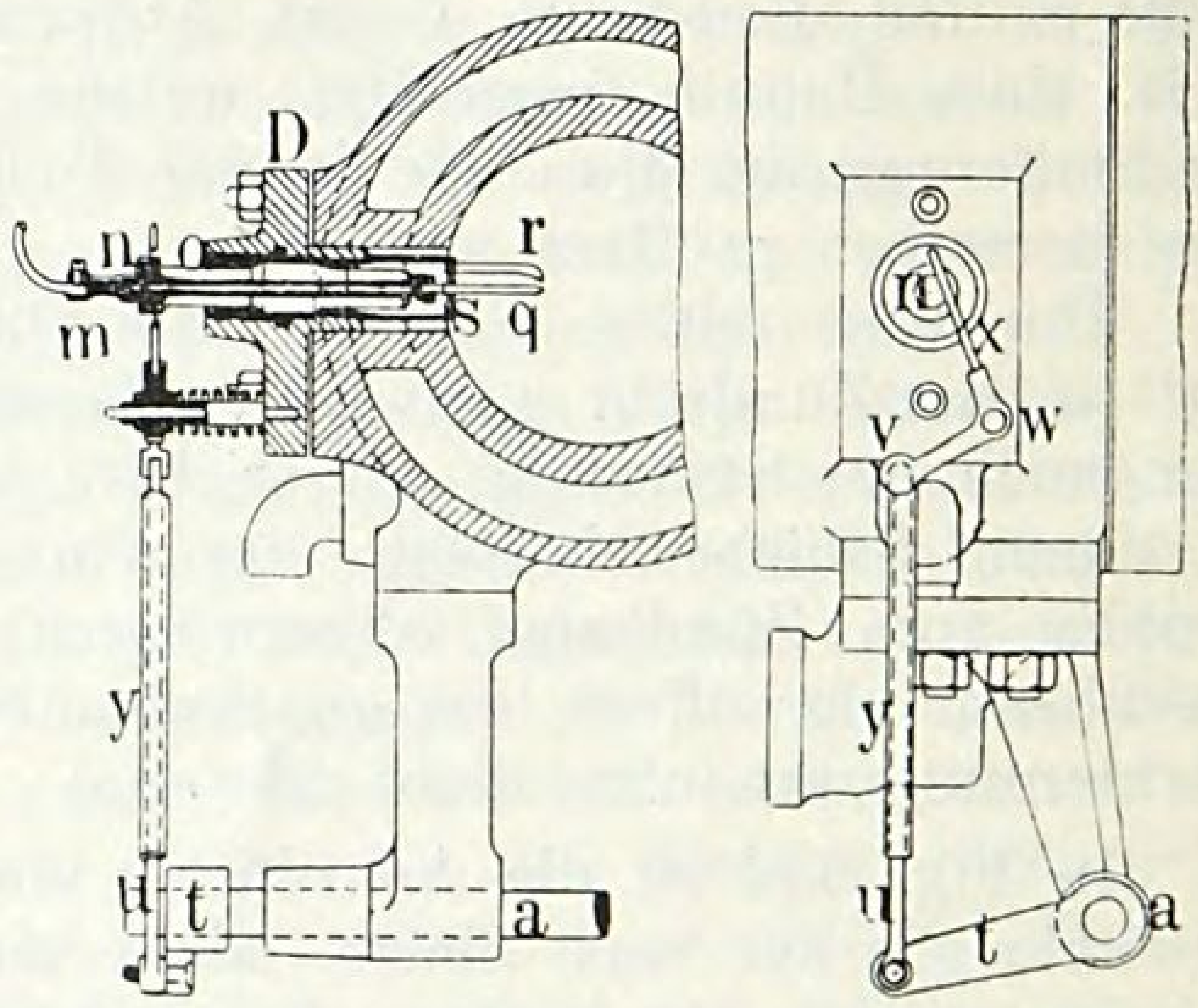


Fig. 525.

Sehr einfach und sinnreich ist die in Fig. 526 skizzirte elektrische Zündung (Deutz) mittels einer von der Maschine selbst in Thätigkeit ge-

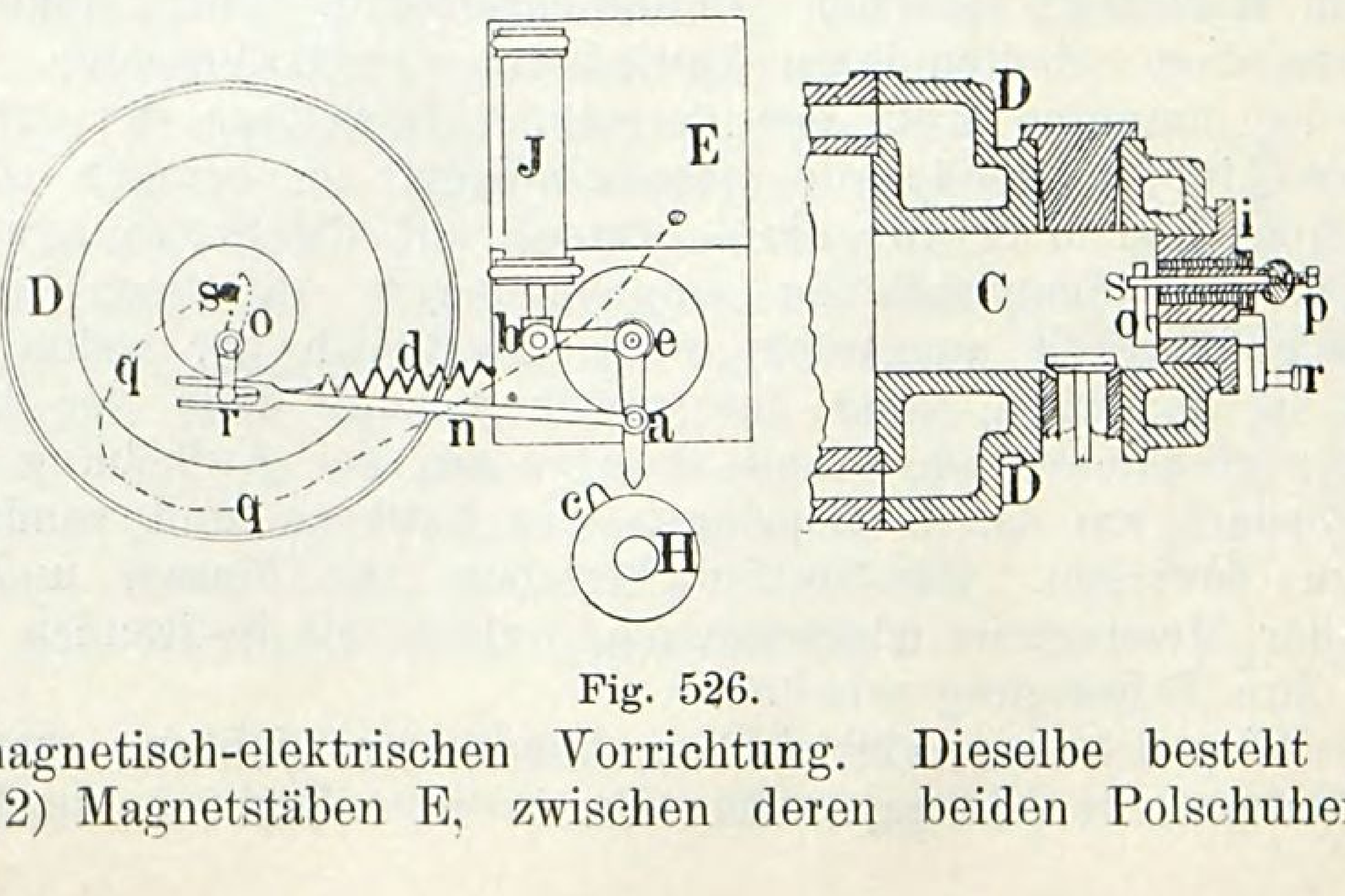


Fig. 526.

setzten magnetisch-elektrischen Vorrichtung. Dieselbe besteht aus einer Anzahl (12) Magnetstäben E, zwischen deren beiden Polschuhen ein mit

isolirtem Kupferdraht umwundener Eisenkern (Induktionsrolle) um eine Achse schwingt und dadurch einen elektrischen Strom erzeugt. Zu dem Zwecke sitzt auf der Achse e dieser Rolle der Winkelhebel a b, dessen wagerechter Arm b durch eine Feder im Federhause J nach aufwärts gezogen wird. Der abwärts gerichtete Arm a erhält sodann von dem Daumen c der Steuerwelle H eine solche Bewegung, dass er in demselben Augenblicke von diesem losgelassen wird und, von der Feder gezogen, zurückschnappt, in welchem der Arbeitskolben nach Verdichtung der Ladung in die Todpunktlage gekommen ist. Diese schnelle Drehung, welche durch die Feder erzeugt und zugleich begrenzt wird, genügt zur Erzeugung des Zündungsstromes. Um diesen sodann zur Wirkung zu bringen, befindet sich zunächst in dem Deckel D ein Kontaktstift s aus einem 5 *mm* dicken Stahlstift, welcher durch eine Porzellanhülse h isolirt ist, die ihre Befestigung in einer Messingbüchse i mit Blei erhält. An diesen Kontaktstift s legt sich, von einer Feder d angezogen, im Innern des Cylinderzündraumes, ein Kontakthebel o, der auf einer luftdicht durch den Cylinderboden gehenden Achse sitzt, welche aussen einen zweiten Hebel r trägt, dessen am äussersten Ende angebrachter Zapfen von der Gabel einer Druckstange n umschlossen wird, welche an den Winkelhebel a b angeschlossen ist. Indem nun ein isolirter Kupferdraht q q vermittelst einer Klemmschraube p einerseits den Kontaktstift s mit dem Erreger E verbindet, während andererseits durch den Maschinenkörper selbst der Strom dem Kontakthebel o zugeleitet wird, bildet sich ein Stromschluss. In demselben Augenblicke, in dem die Induktionsrolle durch ihre Schwingung den elektrischen Strom hervorruft, wird infolge der Bewegung des Winkelhebels a b die Berührung zwischen Kontakthebel o und Kontaktstift s innerhalb des Zündraumes C plötzlich unterbrochen, ein Funken zum Überspringen und der Cylinderinhalt zur Explosion gebracht.

Nach einem andern Prinzip befindet sich in einer besonderen Zündkammer ein Platindraht, der durch einen elektrischen Strom unausgesetzt oder im Augenblicke der Zündung ins Glühen kommt und die Ladung entzündet, wenn durch einen Schieber eine Öffnung frei gemacht wird, der die Zündkammer mit dem Explosionsraum verbindet.

Zur Zündung mittels Kompressionswärme wird ein Teil der Ladung in einem besonderen Raum neben dem Arbeitscylinder angewärmt und dann gleichzeitig mit der Ladung möglichst schnell auf eine höhere Spannung und in Verbindung mit dem Cylinderinhalt gebracht. Infolge der Anwärmung genügt eine geringere Kompression zur Erzeugung einer Wärme, welche die Zündung herbeiführt, die sich dem Cylinderinhalt sofort mitteilt.

V. Kühlung.

Die bei der Verbrennung des Explosionsgemenges in Gas-, Benzin- und Erdölmaschinen entstehenden Temperaturen sind namentlich bei Kompressionsmaschinen so bedeutend, dass nur durch eine Abkühlung der Cylinderwände insbesondere um die Explosionskammer der Vorzündung und der Schädigung vorgebeugt werden kann, welcher diese Teile bei dauernder Einwirkung der hohen Temperaturen in hervortretender Weise

auch infolge der Verflüchtigung oder Verharzung der Schmiermaterialien preisgegeben sind.

Als das einfachste und gebräuchlichste Kühlmittel muss Wasser hingestellt werden, welches innerhalb des Mantels den inneren Cylinder und die Explosionskammer umspült und im Allgemeinen als genügend kühlend angesehen werden kann, wenn es mit einer Temperatur abläuft, die 70° C nicht überschreitet. Es tritt stets unten ein und läuft oben aus, und wird entweder einer Wasserleitung oder einem entsprechend hoch gelegenen Wasserbehälter entnommen. Im Fall durchlaufendes Wasser nicht genügend zur Verfügung steht, lässt sich durch Einschaltung von Rippenkörpern (S. 444) die aufzuwendende Wassermenge erheblich vermindern, auch dadurch die Abkühlung beschleunigen. Hervorzuheben ist für diesen Zweck diejenige Form, welche S. 444 Fig. 391, VII und VIII dargestellt ist und ihre Verbindung mit der Gasmaschine in der Weise erhält, dass das Wasser aus der Maschine durch D eintritt und durch E zurückläuft. Auf diesem Kreislauf kühlt es sich dadurch ab, dass die Luft an den Rippen entlang in die Höhe steigt und dabei diesen die Wärme entzieht. — Ausser den Rippenkörpern sind in einzelnen Fällen auch Kondensatoren (S. 470) zur Wiederkühlung des Kühlwassers in Gebrauch. — Desgleichen versieht man mitunter den Cylinder selbst mit Rippen innerhalb des Mantels (Bischop).

Statt des Wassers ist atmosphärische Luft zur Kühlung vorgeschlagen, indem man mit Hilfe des Schwungrades einen heftigen Luftzug zur Wirkung bringt, oder vermittelst des Kolbens an der offenen Seite des Cylinders Luft einsaugt und ausstösst, oder die auspuffenden Gase in einem Strahler (S. 461) zum Aussaugen benutzt. Um zugleich die Wärme wieder zu gewinnen, ist die Einrichtung getroffen, die zum Verbrennen notwendige Luft durch die Cylindermanteiräume zu saugen oder in den letzteren die Verdampfung des Benzins oder Erdöls vorzunehmen.

Den aufgezählten Vorrichtungen zur äusseren Abkühlung stehen diejenigen der Innenkühlung gegenüber. Dazu gehört vor Allem das Einspritzen von Wasser in den Cylinder, zugleich mit der Absicht durch die Verdampfung des Wassers eine Kraftwirkung des gespannten Wassers mit derjenigen der Gasexpansion zu verbinden, wozu selbstredend erforderlich ist, die Einspritzung während des Arbeitsganges oder der Verdichtung stattfinden zu lassen. — Auch durch Einsaugen und Ausblasen von Luft erfolgt eine Innenkühlung.

VI. *Systeme.*

Da die bis jetzt unternommenen Versuche die Arbeitsfähigkeit der Gasexplosionen auf rotirende Flächen zu übertragen, also direkt rotirende Gasmaschinen zu konstruiren, einen nennenswerten Erfolg nicht gehabt haben, bildet die Anwendung eines hin- und hergehenden Kolbens mit Übertragung der Bewegung auf eine Kurbelwelle und von dieser mittels Riemenscheiben auf eine Transmission also die Kurbelgasmaschine die Regel.

Die Aufstellung derselben erfolgt entweder liegend oder stehend, und zwar pflegt man die liegende Anordnung der grösseren Standfestigkeit und

die stehende des geringeren Platzbedarfes wegen zu wählen. Bei der stehenden Anordnung befindet sich gewöhnlich der Cylinder im unteren, die Kurbelwelle über dem Cylinder im oberen Teile des Gestells; in einzelnen Fällen bringt man den Cylinder oben und die Welle unten an und nennt dann die Maschine Hammermaschine.

Zur Einteilung der Gaskraftmaschinen dienen am zweckmässigsten die zur Kraftentwicklung gewählten Vorgänge, in Verbindung mit dem Umstande, dass man entweder den während der Verpuffung von dem Kolben aufgenommenen Druck direkt auf die Kurbelwelle überträgt (Volldruckmaschine) oder dass man den Kolben unter diesem Drucke sich leer bewegen und erst auf dem Rückwege zufolge der im Cylinder sich vollziehenden Luftverdünnung, unter der Pressung der äusseren Atmosphäre Arbeit verrichten lässt (Atmosphärische Maschine). Da die Anordnung der atmosphärischen Maschinen aus nahe liegenden Gründen aufgegeben ist, so beschränkt man die Einteilung wesentlich nach den Vorgängen im Cylinder auf folgende drei Gattungen:

1. Maschinen mit allmählicher Verbrennung und Verdichtung der Ladung,
2. Explosionsmaschinen ohne Verdichtung der Ladung,
3. Explosionsmaschinen mit Verdichtung der Ladung.

Die erste Gattung (Verbrennungsmaschine) zeichnet sich dadurch aus, dass infolge der langsamen Verbrennung eine allmähliche Steigerung der Kolbengeschwindigkeit also ein gleichmässiger Gang entsteht, und eine niedrigere Erhöhung der Temperatur auftritt, weshalb die Kühlung weniger Wärmemenge wegführt als bei plötzlicher Verbrennung. Trotz dieser Vorzüge ist diese Gattung nur sehr vereinzelt zur Ausführung gekommen, hauptsächlich als Petroleummaschine (Brayton). Im wesentlichen besteht eine hierhergehörige Maschine aus zwei Cylindern: einen Arbeits- und einen Ladungscylinder. Der letztere saugt das Gas-Luftgemisch an, verdichtet es und drückt es durch ein Ventil in den Behälter, aus dem dann der Arbeitscylinder gespeist wird. Zum Verbrennen dient eine neben dem Zuführungskanal brennende Flamme, hinter der zur Verhinderung der Rückbrennung Drahtnetze gespannt sind. Nachdem eine bestimmte Menge des Gemisches unter unausgesetzter Verbrennung in den Cylinder eingetreten ist, wird das Zulassungsventil geschlossen und dadurch die brennende Masse zur Expansion gebracht. Die Verbrennungsprodukte verlassen den Cylinder beim Kolbenrückgang durch einen besonderen Kanal. Zur Ausnutzung der noch in den Abzugsgasen vorhandenen beträchtlichen Wärme werden diese Gase in einen hohlen Gusskörper geleitet, der nach Art eines Röhrenkessels in einem Wasserbehälter liegt, so dass gespannter Wasserdampf entsteht, der ebenfalls in den Arbeitscylinder eintritt und das sich expandirende Gasluftgemische in der Wirkung unterstützt (Simon).

Das Eigentümliche der zweiten Gattung besteht darin, dass man Luft und Gas in dem passenden Verhältnisse unter gewöhnlichem Drucke ansaugt und zwar nur während eines Teiles des Kolbenhubes z. B. der Hälfte und dann zur Entzündung bringt, so dass der letzte Teil der Kolbenbewegung unter der Expansion der Gase also unter Aufnahme der motorischen Kraft zurückgelegt wird. Beim Kolbenrückwege erfolgt die Ausstossung der Verbrennungsrückstände. Unter der Annahme einer

halben Füllung findet die Kraftabgabe nur während einer viertel Kurbelumdrehung statt und endet mit der Todpunktlage, weshalb es zur Erzielung eines regelmässigen Ganges geboten ist, diese Maschinen doppeltwirkend einzurichten (Lenois, Hugon). Aus oben (S. 612) erörterten Gründen erklärt sich der Umstand, weshalb diese Gattung nur für sehr kleine Leistungen anwendbar erscheint.

Die dritte Gattung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Gas-Luftgemische vor der Entzündung bis zu einem bestimmten Grade zusammengedrückt wird und zwar aus Gründen, welche S. 613 erörtert sind. In erster Linie stehen in dieser Gattung die Viertaktmaschinen, trotz der S. 613 näher bezeichneten Mängel, weil ihre Einfachheit und Zuverlässigkeit erfahrungsgemäss eine besonders grosse ist. Anfangs, wie die Gasmaschinen überhaupt, nur für kleine Arbeitsleistungen bestimmt und ausgeführt erhalten dieselben heutigen Tages mitunter bedeutende Grössen. In solchem Fall werden vielfach mehrere Maschinen derart verbunden, dass sie an einer gemeinschaftlichen Welle angreifen, an welcher die Kurbeln versetzt sind. Dazu gehört u. A. eine Anlage (Deutz) von 2 Cylindern mit 120 PS. und von 4 Cylindern mit 100 *PS.*, wobei die letzteren so verteilt sind, dass je zwei auf einer Seite der Welle liegen.

Unter den äusserst zahlreichen Anordnungen von Gaskraftmaschinen ist die in Fig. 527 (S. 633) in einer Seitenansicht und einem Horizontalschnitte dargestellte, liegende Viertaktmaschine (Otto-Deutz) eine der hervorragendsten und verbreitetsten, deren allgemeine Anlage bereits S. 603 erklärt wurde.

Auf dem gusseisernen, blockartigen Untergestell F liegt mit Schrauben befestigt das eigentliche Maschinengestell G, gebildet aus einem Hohlkörper, der nach Art des S. 41 Fig. 77 dargestellten Balkens mit einer Gleitbahn für einen Kreuzkopf und mit zwei Lagern zur Aufnahme der Kurbelwelle W versehen ist. An diesen Balken schliesst sich der freitragende Cylinder C an, in dessen Deckel die S. 624 Fig. 514 ausführlich erörterte Schieber-Steuerung nebst Flammenzündung sich befindet. Die Zuleitung des Explosionsgases erfolgt durch das Ventil g, des Gases zur Zündung durch das Rohr b, der atmosphärischen Luft durch das Rohr L und Ansaugetopf X. Zur Ableitung der Verbrennungsgase ist seitwärts am Cylinder ein Kanal r mit Auspuffventil und Auspuffrohr angeordnet. Der im Cylinder spielende Kolben K überträgt die Arbeit mittels Kolbenstange und Schubstange z auf die Kurbel der mit Schwungrad S und Riemenscheibe R versehenen Hauptwelle W.

Die Bewegung sämtlicher Steuerungs- und Regulirungsteile geht von einer Welle H aus, welche parallel der Cylinderachse neben dem Cylinder gelagert ist und von dem Kegelräderpaar 1,2 in der Weise angetrieben wird, dass zwei Umdrehungen der Hauptwelle W einer Umdrehung der Steuerwelle H entsprechen.

Auf dieser Welle sitzt zunächst die Daumenscheibe e zur Einwirkung auf die kurze horizontale Achse x zum Öffnen des Gasventils z, während die Daumenscheibe d auf den in o hängenden Hebel zum Öffnen des Austrittsventils wirkt (s. Fig. 510 S. 617 und Fig. 514 S. 519).

Sodann erkennt man bei h die mit H sich drehende Scheibe zur Aufnahme des exzentrisch sitzenden Zapfens für die Hin- und Herbewegung

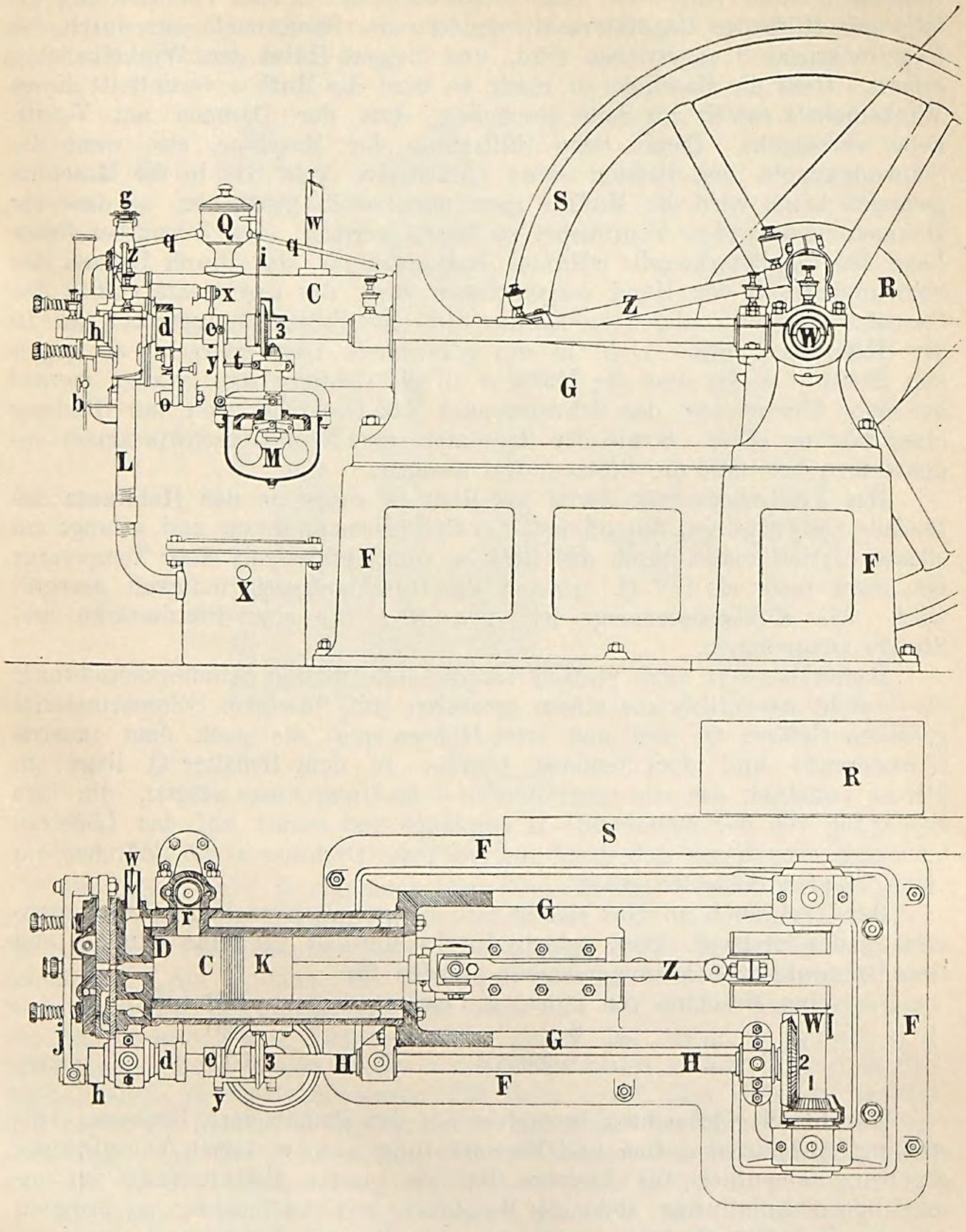


Fig. 527.

der Schubstange j, die an den Steuerschieber (Fig. 518 S. 624) angeschlossen ist. — Die Gangregulirung erfolgt (S. 619) dadurch, dass bei Überschreitung der Normalumdrehzahl das Gasventil ungeöffnet bleibt; dann saugt der Kolben nur Luft an, die er verdichtet und später wieder ausstösst. Zu dem Zwecke wird die Einwirkung der Daumenscheibe e auf das Gaseinlassventil z aufgehoben, durch Verschiebung der diese Scheibe e

tragenden Muffe längs der Seite Steuerwelle H. Diese Verschiebung erfolgt mit Hilfe des Regulators M, der von der Steuerwelle aus durch das Kegelräderpaar 3 angetrieben wird, und dessen Hülse den Winkelhebel y erfasst. Geht die Maschine zu rasch, so wird die Muffe e vermittelst dieses Winkelhebels soweit zur Seite geschoben, dass der Daumen am Ventilhebel vorbeigeht. Damit beim Stillstande der Maschine, also wenn die Schwungkugeln den tiefsten Stand einnehmen, kein Gas in die Maschine gelangen kann, wird die Muffe e ganz nach rechts geschoben, so dass der Daumen niemals den Ventilhebel zu fassen vermag. Um jedoch bei dieser Lage der Regulatorkugeln während des Anlassens, das durch Drehen des Schwungrades S von Hand vorgenommen wird, das regelrechte Öffnen des Gashahnes bewerkstelligen zu können, ist eine Stütze t angebracht, die in die Höhe geschlagen, d. h. in die gezeichnete Lage gebracht, so gegen den Hebel y wirkt, dass die Muffe e in die richtige Lage gelangt, worauf bei einer Umdrehung des Schwungrades das Gasventil sich zur Bildung einer Ladung öffnet. Sowie der Regulator seine Normalgeschwindigkeit angenommen hat, fällt die Stütze t frei abwärts.

Das Kühlwasser tritt durch das Rohr w zuerst in den Hohlraum des Deckels seitwärts ein, durchfliesst den Cylindermantelraum und gelangt am offenen Cylinderende durch das Rohr w zum Abfluss mit einer Temperatur von nicht mehr als 60° C, wonach die Durchlaufgeschwindigkeit geregelt wird. Als Kühlwassermenge ist etwa 40 *l* für eine Pferdestärke und Stunde anzunehmen.

Bemerkenswert und einfach ist die selbstthätige Schmiervorrichtung. Sie besteht wesentlich aus einem grösseren mit flüssigem Schmiermaterial gefüllten Gefässe Q und aus zwei Röhren q q, die nach dem inneren Cylinderende und dem Schieber führen. In dem Behälter Q liegt ein kleines Löffelrad, das von einer Schnur i in Umdrehung gesetzt, die ihre Bewegung von der Steuerwelle H empfängt und derart auf das Löffelrad überträgt, dass dieses sich dreht und bei jeder Drehung in die Röhrchen q q einen Tropfen Schmiere giesst.

Der Verbrauch an Gas richtet sich naturgemäss nach der Zusammensetzung des letzteren, kann jedoch durchschnittlich für eine Stunde und eine Bremspferdestärke angenommen werden für

eine Maschine von 2 bis 4 Pferdestärken	zu	730 Liter
„ „ „ 6 „	„	720 „
„ „ „ 8 bis 12 „	„	671 „

Mancherlei Rücksichten besonders auf den Raumbedarf, bequeme Aufstellung, Anschluss an Gas- und Wasserleitung u. s. w. haben Veranlassung gegeben, namentlich für kleinere Betriebe, unter Beibehaltung der beschriebenen Anordnung stehende Maschinen zur Ausführung zu bringen, wie aus Fig. 528 (S. 635) zu erkennen ist. Der mit Kühlmantel versehene Cylinder C ist unmittelbar auf einem Fundament befestigt, im unteren Teil als Hohlraum ausgebildet, der als Ansaugetopf dient, und nach oben mit zwei Böcken verlängert, welche die Lager für die Hauptwelle W mit Schwungrad S und Riemenscheibe R, sowie ein drittes Lager für die kurze Steuerwelle H trägt. Die Zündkammer a sitzt seitwärts in beschriebener Weise angeschlossen an den Steuerapparat mit Schieber S, Flammenzündung, Luftzufuhrkanal L u. s. w. Dieser Zündkammer gegenüber befindet sich

das Auspuffventil mit dem Auspuffrohr e, und unten im Cylinder das mit einem Hahn versehene Rohr r zum Ablassen der sich im Cylinder ansammelnden Schmierrückstände u. dergl.

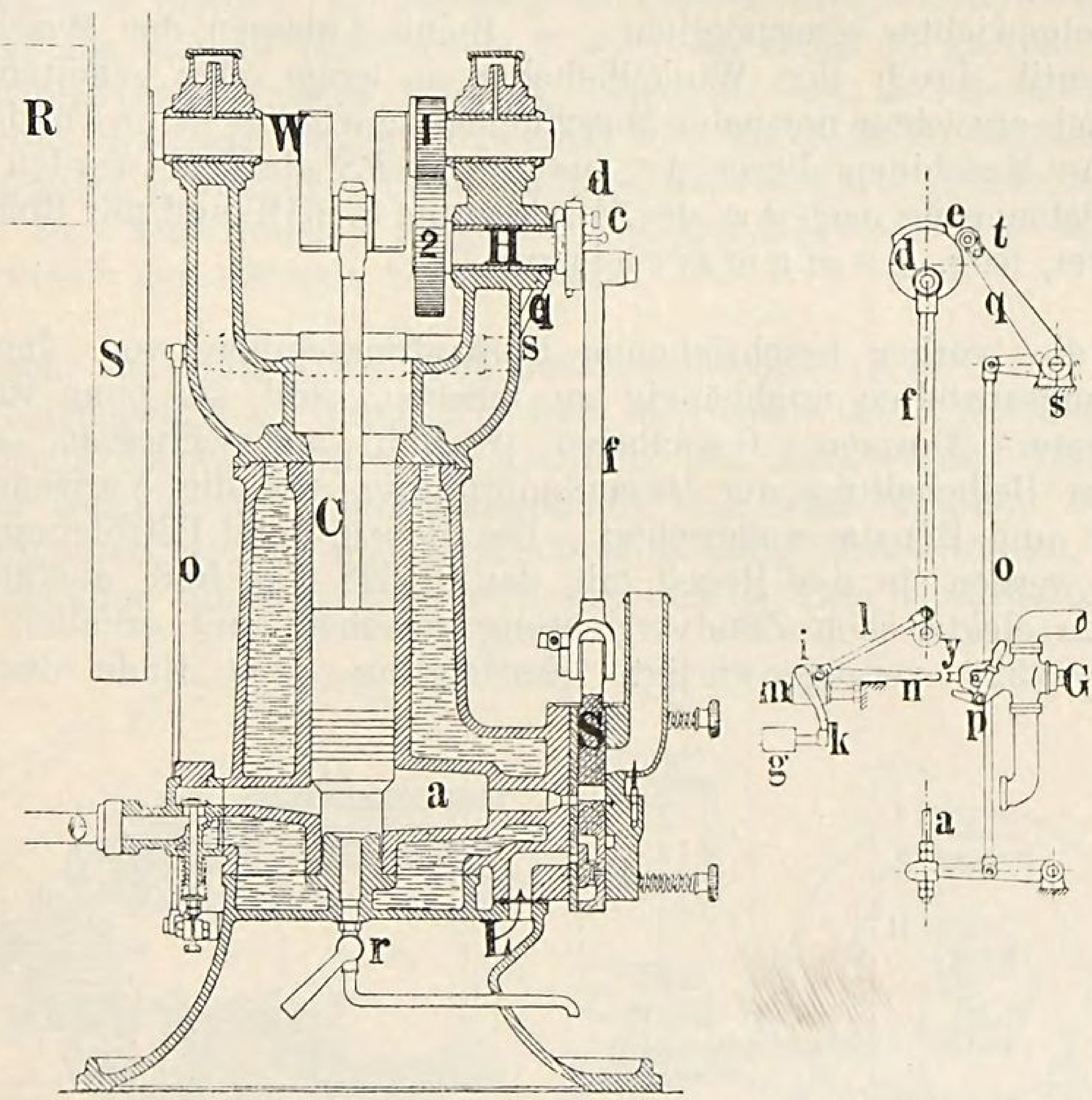


Fig. 528.

Die Steuerwelle H empfängt ihre Drehung im Verhältnisse 1 zu 2 von der Hauptwelle vermittelst der Stirnräder 1,2 und überträgt durch die Scheibe d und Zapfen nebst Schubstange f die Bewegung auf den Schieber S. Am Umfange der Scheibe d befinden sich zwei Daumen oder Nocken (in der Zeichnung der eine oben und der andere unten sichtbar) von ganzer und halber Länge, welche gegen den Hebel q wirken und mittels einer horizontalen Welle s die Steuerstange o zur Steuerung des Auslassventils in Thätigkeit setzen. Die Rolle e auf dem Hebel q, welche sich gegen die Scheibe d legt, gestattet mit Hilfe des Stiftes t eine Verschiebung, um zur Erleichterung des Anlassens das Auslassventil auch während der Abwärtsbewegung des Kolbens offen halten zu können.

Wesentlich anders ist bei dieser Maschine die Einrichtung zur Steuerung des Gaseinlassventils, indem dazu die Schieberstange f mit einem Pendelapparat (S. 620) dient. Von der Schieberstange f zweigt sich die um Zapfen bewegliche Stange l ab, welche mit dem unteren Ende an einer Muffe m sitzt und diese auf einer horizontalen Führungsstange hin- und herschiebt. An dieser Muffe hängt ein als Pendel wirkender Winkelhebel k i n um den Punkt i schwingend und durch das Gewicht g derart ausgeglichen, dass bei normalem Gang der Maschine das Ende des Hebels n gegen die Spindel y des Ventils stösst und dieses öffnet. Vergrössert sich

jedoch die Geschwindigkeit der Maschine und damit der Ausschlag des Pendels, so verfehlt n die Spindel y und lässt das Gasventil geschlossen, bis die Maschine zu ihrer normalen Geschwindigkeit zurückgekehrt ist. Eine Änderung der normalen Geschwindigkeit wird durch Verschiebung des Pendelgewichtes g ermöglicht. — Beim Anlassen der Maschine wird das Gasventil durch den Winkelhebel p so lange offen gehalten, bis das Pendel nach erreichter normaler Maschinengeschwindigkeit in Thätigkeit tritt.

Kleine Maschinen dieser Art bis zu $^1/_8$ *PS* abwärts werden übrigens mit Ventilsteuerung nach Art der Mischventile S. 618 und mit Rohrzündung ausgestattet, (sog. Zwergmaschinen).

Um die vorher beschriebenen Gaskraftmaschinen von den Leuchtgasbereitungsanstalten unabhängig zu machen, sind sie ohne weiteres an die Generator- (Dowson-) Gasanlagen (S. 325) anzuschliessen, ausserdem aber, unter Beibehaltung der Gesamtanordnung, für die Verwendung von Petroleum und Benzin eingerichtet. Die Benzin- und Petroleummaschinen (Deutz) werden in der Regel mit der S. 628 Fig. 526 ausführlich beschriebenen elektrischen Zündvorrichtung versehen und erhalten dann die durch Fig. 529 vergegenwärtigte Einrichtung. Am Ende des Arbeits-

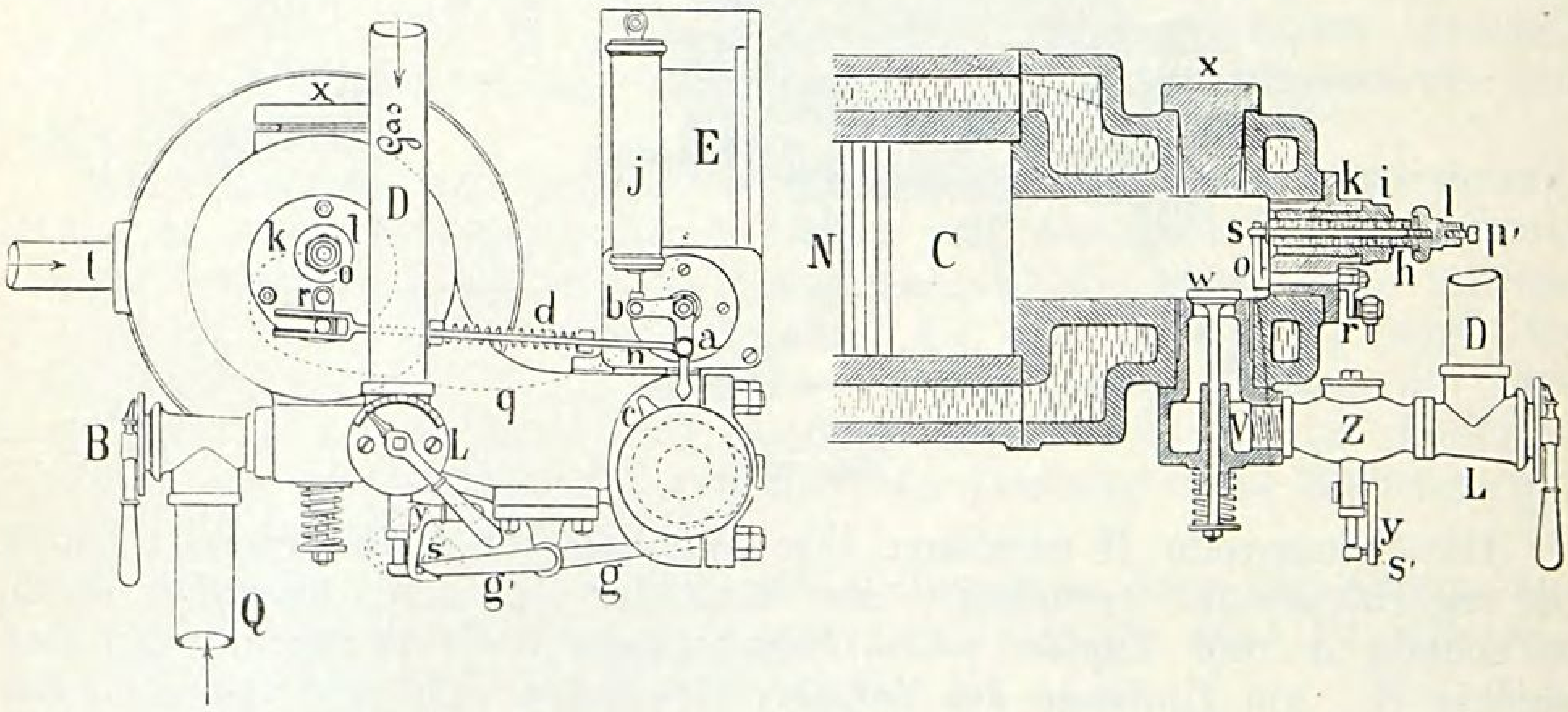


Fig. 529.

cylinders C befindet sich der Zündkanal mit dem Apparat zur Zuführung, Regulirung und Zündung des in dem S. 606 Fig. 502 dargestellten Gaserzeuger gebildeten Benzindampfes. Der letztere wird durch das Rohr D mit Gashahn L dem Regulirventil Z zugeführt, das durch den Regulirhebel g von der Steuerwelle bewegt wird. In die an Z sich unmittelbar anschliessende Leitung mündet, durch den Hahn B geregelt, das Luftansaugerohr Q, durch welches Luft aus dem Ansaugetopf in den Eintrittkanal V gelangt, um sich mit dem Benzindampf zu mischen. Während der Saugperiode öffnet sich das Ansaugeventil w um die Ladung in den Cylinder einzulassen; eine Spiralfeder schliesst dasselbe. Das Auslassventil sitzt seitwärs und wird von der Steuerwelle bewegt wie S. 619 Fig. 514 beschrieben ist. Durch das Rohr t fliesst das Kühlwasser zu. Die Entzündung am Ende der Kompressionsperiode erfolgt durch einen elektrischen Funken, der, in der S. 506 beschriebenen Weise durch den magnetelektrischen

Apparat E von der Maschine selbst durch Bewegung des Hebels a b mittels des Daumens c erzeugt, zwischen o und s überspringt.

Zum Zwecke des Anlassens sitzt auf der Achse des Regulirhebels g noch ein anderer Hebel g' in welchem ein Stift s' eingeschraubt ist. Durch Hochrichten des kleinen Handhebels y wird der Hebel g' gestützt und damit das Regulirventil so weit geöffnet, dass für das Anlassen genügend Dampf in die Maschine gelangt. Beginnt die Maschine zu laufen, so wird der Regulirhebel g von dem Steuerdaumen nach abwärts gedrückt, dadurch der Stift s' aus dem Hebel y ausgelöst, und der Regulator zur Einwirkung gebracht, womit der normale Gang eintritt.

Eine sehr verbreitete, stehende Gaskraftmaschine (Körting) mit oben liegender Kurbelwelle ist durch Fig. 530 in Ansicht und Schnitt durch die einzelnen Teile der Gaszuführung, Mischung etc. dargestellt. Dieselbe gehört zu der Gattung der Viertaktmaschinen und wird regulirt, indem bei Geschwindigkeiten, welche den regelmässigen Gang überschreiten, das Auslassventil geöffnet bleibt, so dass während des nächsen Kolbenhubes keine

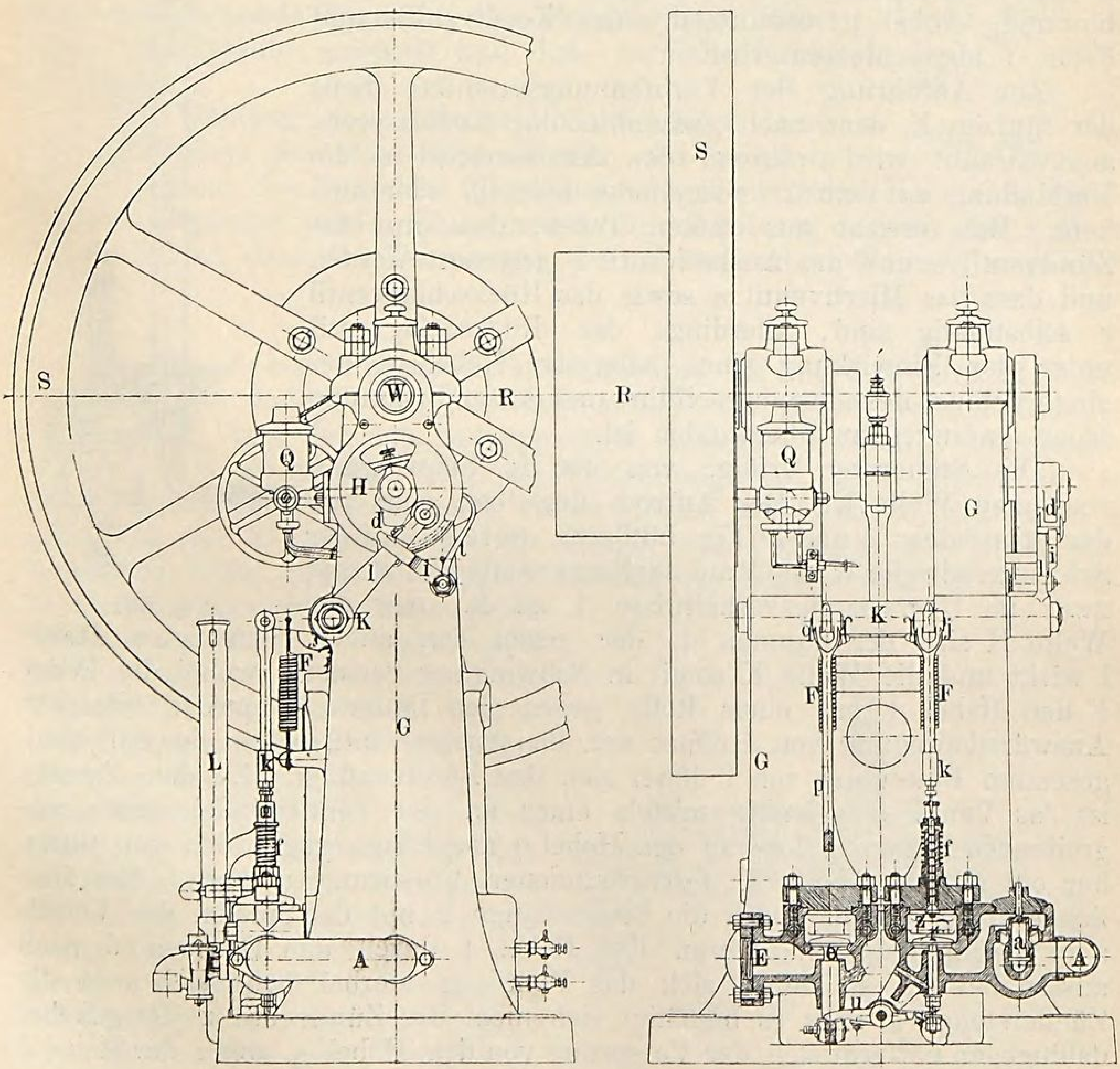


Fig. 530.

frische Ladung angesogen, sondern nur ein Ein- und Austreten der Verbrennungsprodukte bewerkstelligt wird.

Das Eintrittventil a ist nach Art des S. 618 Fig. 511 beschriebenen zugleich zum Mischen eingerichtet, d. h. dazu bestimmt, den Eintritt von Gas und Luft derart zu regeln, dass ein durchaus gleichbleibendes bestimmtes Gemisch in den Cylinder gelangt. Öffnet sich das Ventil, so tritt das seitwärts eingeführte Gas durch kleine Schlitze ein, die im cylindrischen Teil des Ventils sich befinden, während die Zuführung der Luft aus einem Stutzen A am Hohlgestelle G der Maschine durch die am Umfange des Ventils frei werdende Ringfläche stattfindet. Hierdurch wird veranlasst, dass Luft und Gas in einem bestimmten Verhältnisse in die Ventilkammer und hier zu einer innigen Mischung gelangen. Aus der Ventilkammer a tritt sodann die Mischung durch das Ventil r (Fig. 531) in eine Vorkammer z. Dieses Ventil r wirkt als Rückschlagventil selbstthätig und hat den Zweck, den hohen Explosionsdruck im Arbeitscylinder von der Mischkammer abzuhalten. Die Vorkammer z steht einerseits durch den Kanal w mit dem Arbeitscylinder, andererseits durch den Kanal n mit dem Rohrzünder b in dem Kamin L in Verbindung, wobei n vermittelst eines Kegelventils und Feder f abgeschlossen wird.

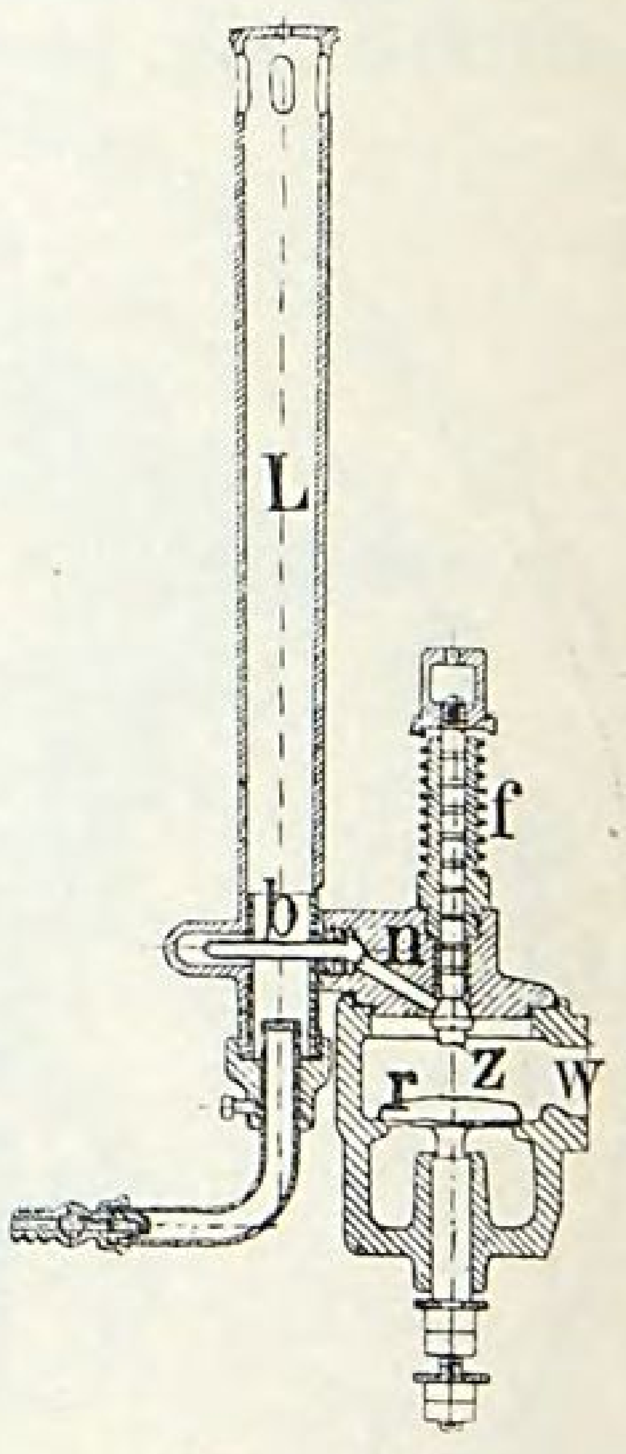


Fig. 531.

Zur Abführung der Verbrennungsprodukte dient der Stutzen E, dem nach aussenhin das Ausblaserohr angeschraubt wird während das Auslassventil e die Verbindung mit dem Arbeitscylinder herstellt oder aufhebt. Man ersieht aus diesen Teilen, dass nur das Zündventil z und das Auslassventil e gesteuert werden und dass das Mischventil a sowie das Rückschlagventil r selbstthätig sind, allerdings das Rückschlagventil unter der Einwirkung eines federnden Hebels s, der einen Schluss desselben herbeiführt und dessen Spannung beim Ansaugen zu überwinden ist.

Die Steuerung erfolgt von der in Schwingung versetzten Welle K. Der Antrieb derselben geht von den Stirnrädern 1 und 2 (Fig. 532) aus, wovon 1 auf der Schwungradwelle W und 2 auf der Steuerwelle H sitzt und zwar im Übersetzungsverhältnisse 1 zu 2. Auf der Welle H sitzt der Daumen d, der gegen den auf K befestigten Hebel l wirkt und die Welle K somit in Schwingung versetzt, wobei die Feder F den Hebel l mit einer Rolle gegen den Daumen d presst. Bei der Auswärtsbewegung von l öffnet sich das Auslassventil e, bei der entgegengesetzten Bewegung von l öffnet sich das Zündventil z. Zu dem Zwecke ist das Ventil e gelenkig mittels einer an der Ventilspindel unten angreifenden Stange p lose an den Hebel q angehängt, gegen den von unten her ein mit der Welle K festverbundener Vorsprung u wirkt. Ein ähnlicher Hebel j steht durch die Steuerstange k mit der Spindel des Ventils z in Verbindung. Wird nun der Hebel l durch den Daumen d nach aussen bewegt, so öffnet sich das Ventil e; hierbei hebt sich auch die Zünderstange k, aber es bethätigt sich nicht das Zündventil z. Umgekehrt dahingegen entfernt sich der Vorsprung von dem Hebel q, wenn der Hebel l nach innen schwingt, so bleibt e unthätig, während sich die Zünderstange k unter

der Einwirkung einer Feder F senkt und das Zündventil z öffnet. Bei vollem Gang des Motors wird der Daumen d das Auslassventil e nach je 2 Doppelhüben öffnen und schliessen. Beginnt jedoch die Umdrehzahl des Motors zu wachsen, so soll ein Offenbleiben des Ventils e stattfinden. Hierzu dient eine Klinke i mit Arm t und einer Stahlplatte, welche sich zu der Zeit, wo der Daumen d das Ventil e geöffnet hat, hinter eine Schneide des Hebels l legt, so dass letzterer festgehalten wird, bis sich die Klinke auslöst. Das Ein- und Ausschalten dieser Klinke wird durch einen im Stirnrade 2 befindlichen Regulator (Fig. 532) mit Schwunggewicht g bewirkt. Das letztere hängt in dem Regulator um einen Zapfen drehbar und wird mittels einer Feder in einer bestimmten Lage gehalten, aber bei zunehmender Geschwindigkeit des Regulators infolge der Zentrifugalwirkung nach aussen getrieben. Dadurch wird erreicht, dass das daumenartig geformte Gewicht g bei gewöhnlichem Gang an dem Arm t vorbeigeht, bei zunehmender Umdrehzahl aber denselben zur Seite drückt und damit die Klinke einrückt. Die Stellung des Gewichtes g wird durch eine entsprechende Spannung der Feder mittels Hebel und Stellschraube geregelt und dem normalen Gang angepasst.

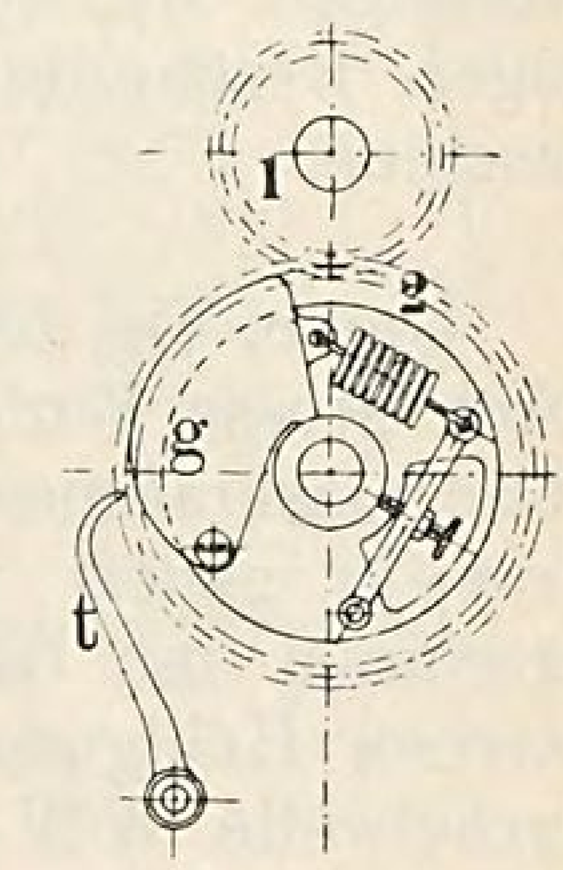


Fig. 532.

Die Kühlung des Arbeitscylinders erfolgt durch ununterbrochen durchfliessendes Wasser, das unten in die Hohlwand des Cylinders eingeführt und oben sichtbar in einem Fangtrichter abgeleitet wird. Ein Ventil in der Zuleitung regulirt den Zufluss in der Weise, dass die Temperatur des abfliessenden Wassers etwa 50° beträgt.

Die oben beschriebene Gaskraftmaschine (Körting) wird in mehrfacher Weise dadurch für die Anwendung von Benzin oder Petroleum eingerichtet, dass bei den Ladeapparaten passende Zerstäuber angebracht werden und zwar statt oder in Verbindung mit dem Mischventil a. Diese Zerstäuber bestehen aus einem feinen ringförmigen Schlitz in a (Fig. 533 und 534), durch den das Benzin oder Petroleum aus einem entsprechend höher gelegten Behälter während der Saugperiode in fein verteilter Form ausströmt, um zugleich sich mit der durch A angesaugten Luft zu mischen. — Ferner ist ein Unterschied zwischen einem Benzin- und Petroleumzerstäuber darin bemerkbar, dass der erstere (Fig. 533) dem Rückschlagventil r erheblich näher liegt als der letztere (Fig. 534). Ausserdem tritt beim Benzinmotor die Ladung wie beim Gasmotor von unten durch das Ventil r und den Kanal z in den Cylinder, während bei dem Petroleummotor die Ladung von oben durch das Ventil r in den Cylinder gelangt. — Die Zündung

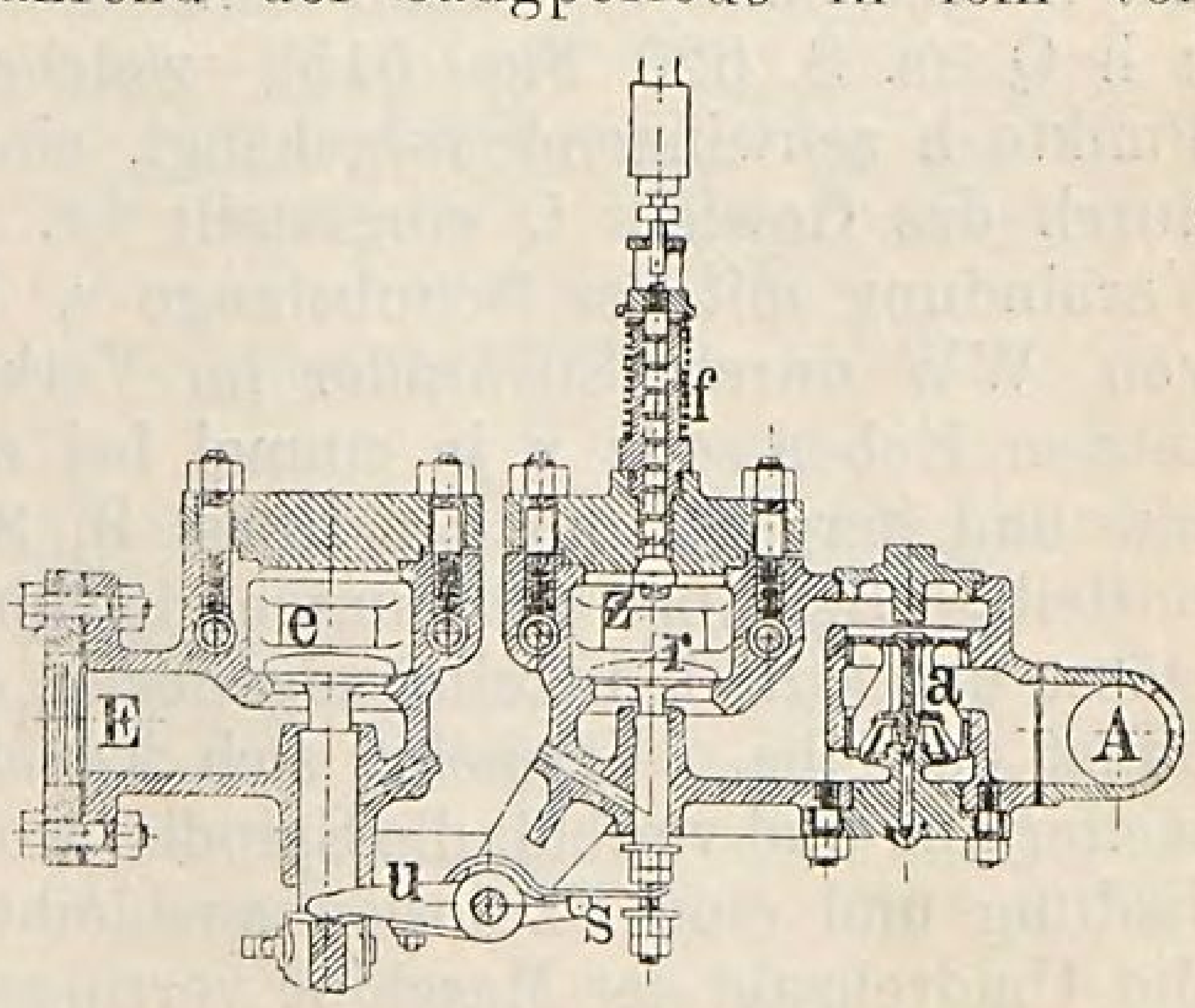


Fig. 533.

erfolgt beim Benzinmotor durch den S. 638 dargestellten Rohrzünder, beim Petroleummotor durch den Rohrzünder b ohne Abschlussventil. Der Brenner dieses Zünders dient zugleich zur Erwärmung der Wandung des zwischen Zerstäuber a und Ventil r bestehenden Kanals, um dadurch eine Verdampfung des Petroleums hervorzubringen. Die Auslassvorrichtungen e E erklären sich aus obiger Beschreibung der Gaskraftmaschine.

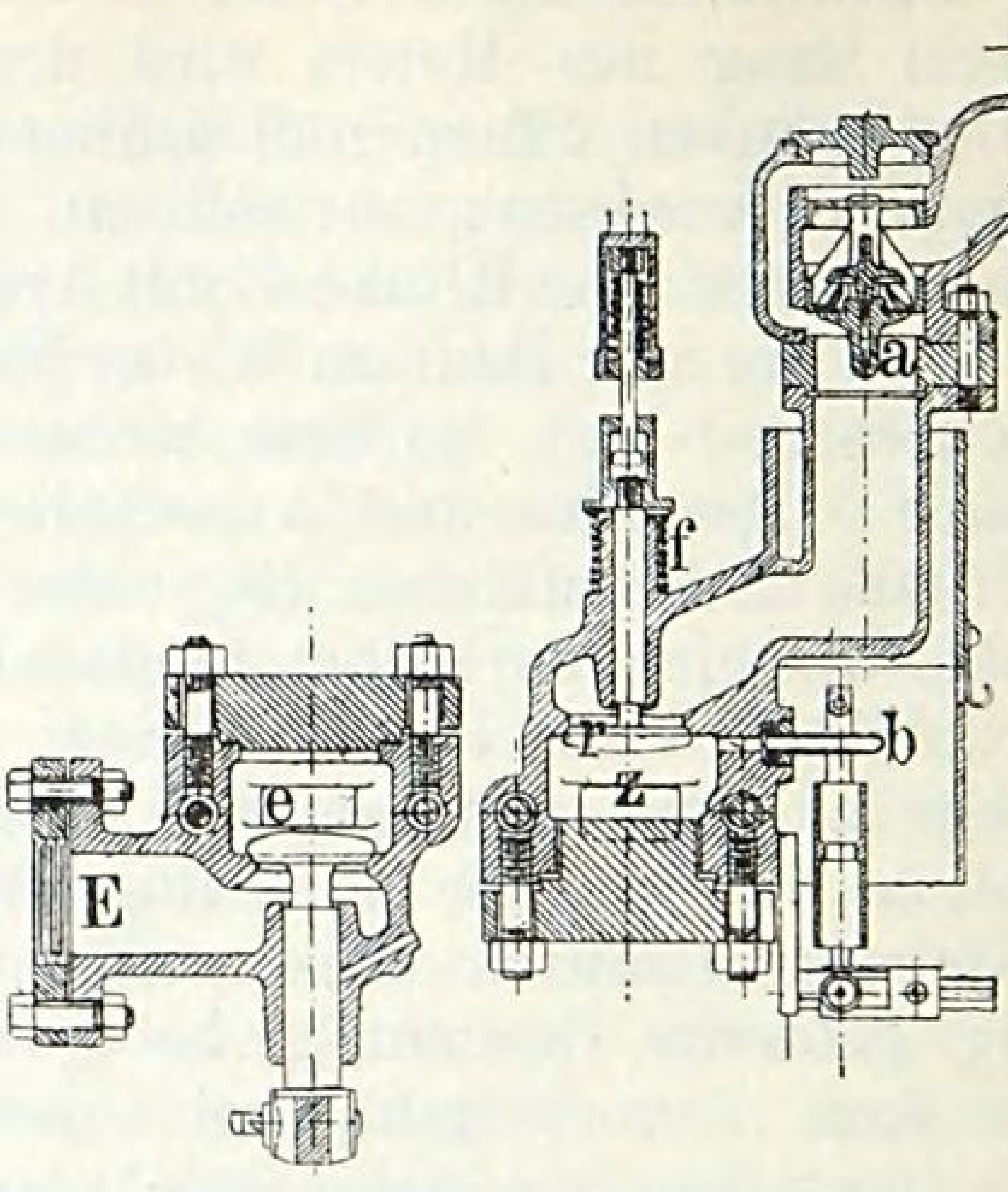


Fig. 345.

Die in Fig. 535 (S. 641) skizzirte durch grosse Einfachheit bemerkenswerte Gaskraftmaschine (Sombart-Krupp) gehört zu den Viertaktmaschinen mit Glührohrzündung und Pendelregulirung. Das auf einem eisernen Hohlgussstücke befestigte Gestell GG bildet mit Lagern für die Kurbelwelle WW und dem Arbeitscylinder C ein Stück, an dem der besonders gestaltete Cylinderdeckel D unter Vermittlung des auf den Cylinder geschobenen Mantels mit Schrauben befestigt wird. Der Kolben ist als Rohrkolben ausgeführt, mit dem zur Verkürzung der Maschine die Pleuelstange J direkt und zwar an der inneren Bodenfläche verbunden ist. Die Verbindung der Pleuelstange J mit der Kurbel der mit Schwungrad und Riemenscheibe versehenen Hauptradwelle WW ergiebt sich ohne weiteres aus der Zeichnung.

In dem Cylinderdeckel D erkennt man bei a die Eintrittstelle der Ladung, bei e die Austrittstelle der Verbrennungsrückstände, umgeben von Hohlräumen zum Durchfliessen von Kühlwasser. — Das Gas tritt unten durch das Rohr g mit Stellhahn i zu; die Luft wird aus dem als Ansaugetopf dienenden Gestelle GG durch ein horizontales Rohr herbei geführt und durch ein Luftventil n geregelt. Das Gaseintrittsventil, dessen Spindel mit s bezeichnet ist, erhält seine öffnende Bewegung vermittelst des Pendels k h Q (s. S. 620 Fig. 515), welches an dem Winkelhebel h m n im Punkte h schwingend aufgehängt, einerseits durch die Feder j, andererseits durch das Gewicht Q eingestellt ist. Der Winkelhebel h m n steht in Verbindung mit der Schubstange s, welche von einem Kreisexzenter der von WW durch Stirnräder im Verhältnisse von 2 : 1 in Umdrehung versetzten Nebenwelle x je einmal bei zweimaliger Drehung der Kurbelwelle hin- und hergeht und den Hebel in Schwingung setzt, die sich dem Pendel mitteilt. Bei einer bestimmten gleichbleibenden Umdrehzahl der Welle WW stösst der Stift k regelmässig gegen die Spindel s des Eintrittventils und öffnet dasselbe. Vermehrt sich jedoch diese Zahl, so schwingt das Pendel weiter aus und verfehlt die Spindel, wodurch das Ventil geschlossen sowie eine Ladung und eine Explosion ausbleibt. Durch Lockern der Feder j wird die Umdrehzahl der Maschine verringert, durch stärkeres Spannen vergrössert.

Die Ladung entzündet sich bei Z in den weissglühenden Wandungen des von aussen durch eine Gasflamme erhitzten Glühkörpers, der mit As-

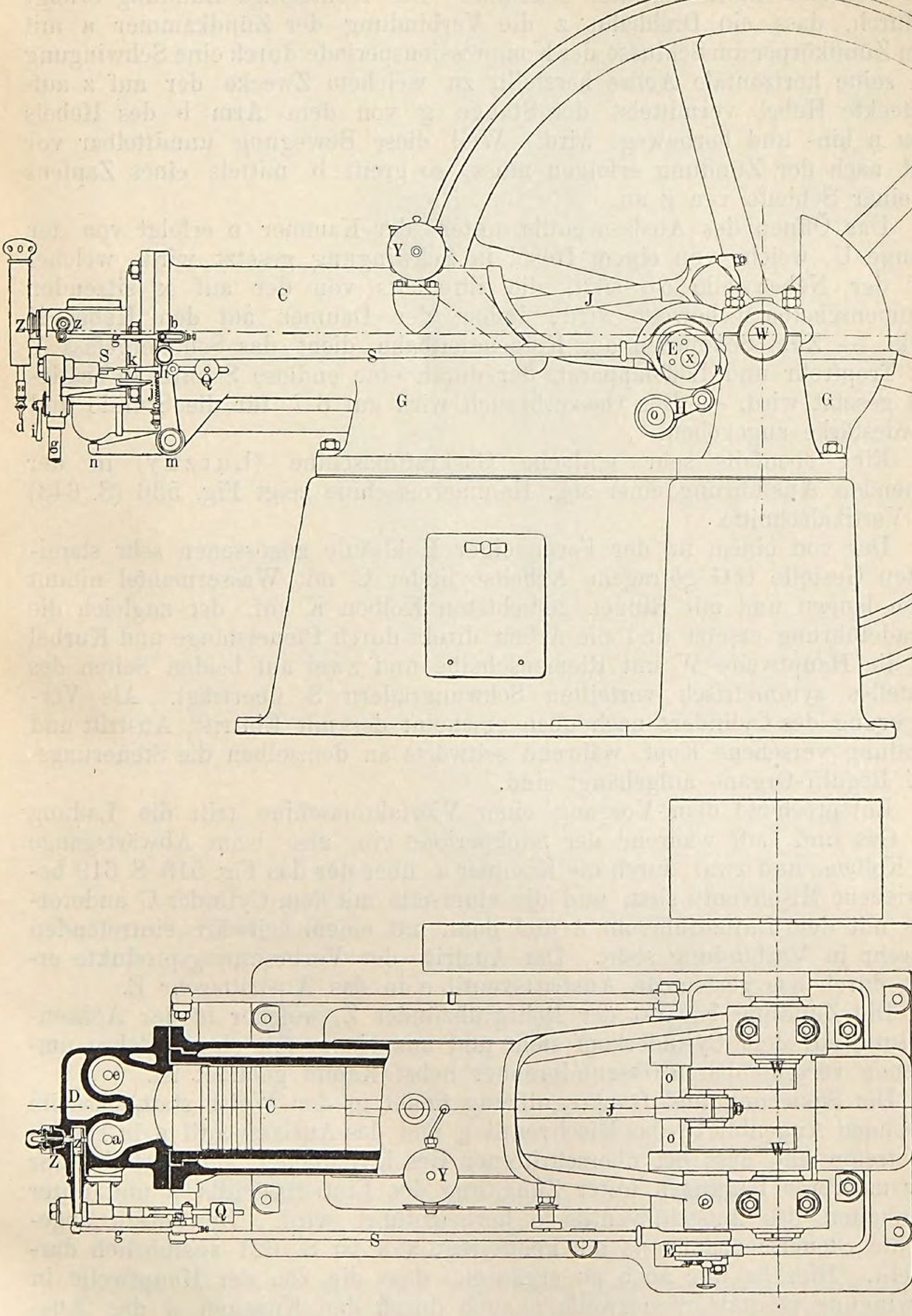


Fig. 535.

bestplatten gegen Abkühlung geschützt in dem Kamin Z angebracht ist, der ebenfalls ein Asbestfutter bekommt. Die rechtzeitige Zündung erfolgt dadurch, dass ein Drehhahn z die Verbindung der Zündkammer a mit dem Zündkörper am Schlusse der Kompressionsperiode durch eine Schwingung um seine horizontale Achse herstellt, zu welchem Zwecke der auf z aufgesteckte Hebel vermittelst der Stange g von dem Arm b des Hebels h m n hin- und herbewegt wird. Weil diese Bewegung unmittelbar vor und nach der Zündung erfolgen muss, so greift b mittels eines Zapfens in einer Schleife von g an.

Das Öffnen des Auslassventils unter der Kammer e erfolgt von der Stange U, welche von einem Hebel in Schwingung gesetzt wird, welcher auf der Nebenwelle o o sitzt, die ihrerseits von der auf x sitzenden Daumenscheibe n bewegt wird, indem der Daumen auf den Hebel H wirkt. — Zum Schmieren der Kolbengleitbahn dient das Schmiergefäss Y mit Tropfrohr und Löffelapparat, der durch eine endlose Schnur in Thätigkeit gesetzt wird. — Der Gasverbrauch wird auf 6 *l* für die Stunde und Pferdestärke angegeben.

Eine ebenfalls sehr einfache Gaskraftmaschine (Lutzky) in der stehenden Ausführung einer sog. Hammermaschine zeigt Fig. 536 (S. 643) im Vertikalschnitte.

Der von einem in der Form einer Hohlsäule gegossenen sehr standfesten Gestelle G G getragene Arbeitscylinder C mit Wassermantel nimmt einen langen und mit Ringen gedichteten Kolben K auf, der zugleich die Geradeführung ersetzt und die Arbeit direkt durch Pleuelstange und Kurbel auf die Hauptwelle W mit Riemenscheibe und zwei auf beiden Seiten des Gestelles symmetrisch verteilten Schwungrädern S überträgt. Als Verlängerung des Cylinders nach oben erscheint der mit Eintritt, Austritt und Zündung versehene Kopf, während seitwärts an demselben die Steuerungs- und Regulir-Organe aufgehängt sind.

Entsprechend dem Vorgang einer Viertaktmaschine tritt die Ladung aus Gas und Luft während der Saugperiode ein, also beim Abwärtsgange des Kolbens und zwar durch die Kammer a, über der das Fig. 513 S. 619 beschriebene Mischventil sitzt, und die einerseits mit dem Cylinder C andererseits mit dem Luftzufuhrrohr A und dann mit einem seitwärts eintretenden Gasrohr in Verbindung steht. Der Austritt der Verbrennungsprodukte erfolgt durch das gesteuerte Austrittsventil e in das Austrittsrohr E.

Die Zündung bewirkt der Rohrglühzünder Z, welcher in der Achsenrichtung auf dem Cylinderkopf steht und aus einem mit einem Rohre umgebenen verschiebbaren Gasrundbrenner nebst Kamin gebildet ist.

Die Steuerung und Gangregulirung findet in der Weise statt, dass im passenden Augenblicke das Mischventil a und das Auslassventil e in Thätigkeit treten und dass bei überschrittener Geschwindigkeit ein Ausfall einer oder mehrerer Ladungen unter Zuhaltung des Eintrittsventils a und unter Offenhalten des Austrittsventils e herbeigeführt wird. Der hiezu angebrachte Steuermechanismus mit Pendelregulator ist S. 621 ausführlich dargestellt. Hier ist nur noch zu ergänzen, dass die von der Hauptwelle in Schwingung gesetzte Steuerwelle n auch durch den Knaggen d das Austrittsventil steuert, welches durch eine Schraubenfeder geschlossen gehalten wird. — Zur Zuführung des Kühlwassers dient das Rohr B, zur Abführung desselben das Rohr D.

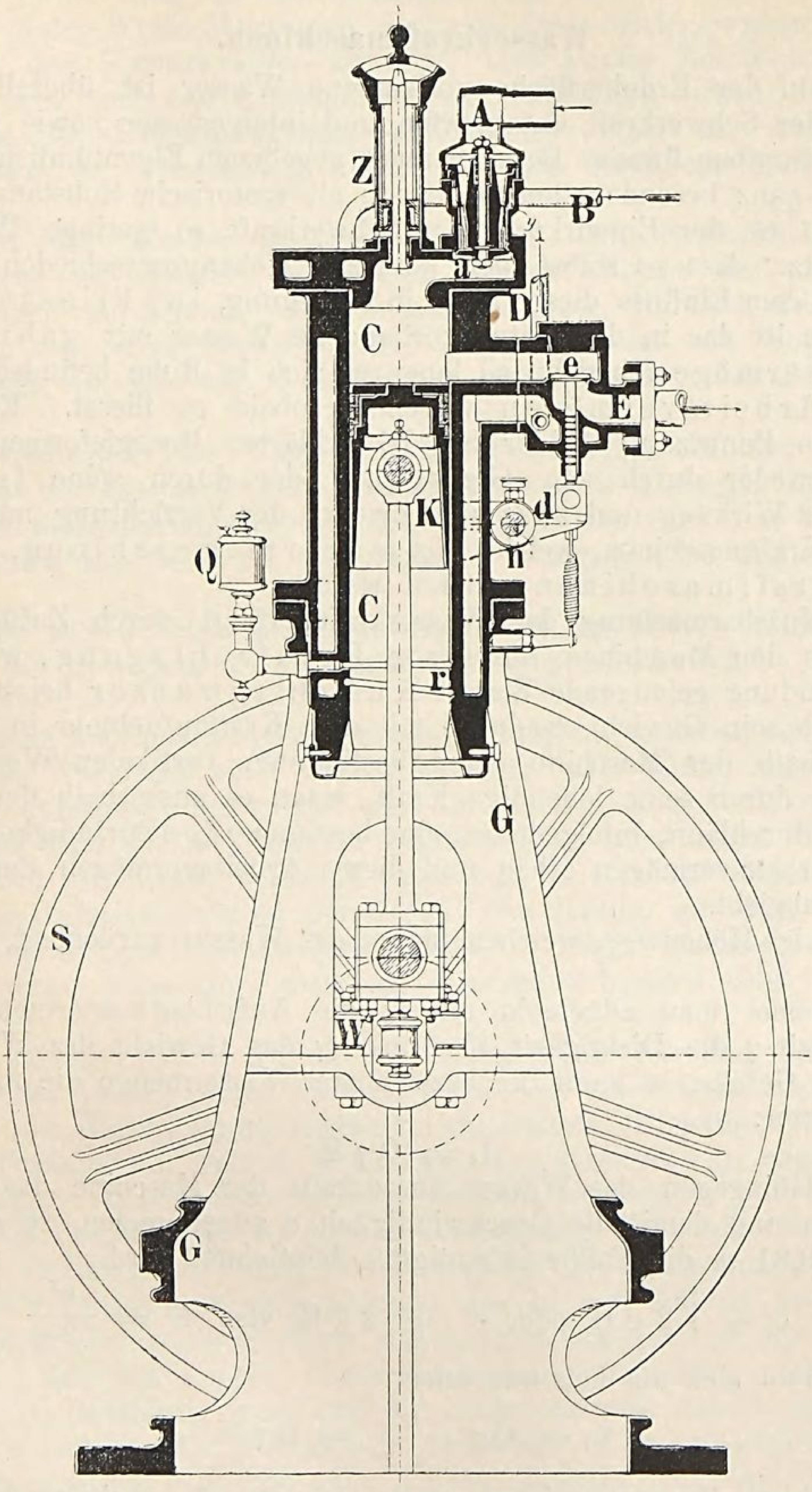


Fig. 536.

Bemerkenswert ist noch die Vorrichtung zum Schmieren des Kolbens, indem von einem Öltropfapparat Q das Öl in eine in die Cylinderwandung eingedrehte Rinne r tropft, welche nach 'unten schraubenförmig verläuft und dann in eine Auffangschale übergeht.

Dritter Abschnitt.

Wasserkraftmaschinen.

Das auf der Erdoberfläche vorhandene Wasser ist überall der Einwirkung der Schwerkraft unterworfen und infolgedessen sowie wegen der durch die tropfbar flüssige Beschaffenheit gegebenen Eigentümlichkeit seiner Massen in ganz besonders hohem Grade als motorische Substanz verwendbar, indem es der Einwirkung der Schwerkraft so geringe Widerstände entgegensetzt, dass es selbst den kleinsten Höhenunterschieden nachgiebt und unter dem Einfluss dieser Kraft in Bewegung, ins Fliessen, geräth. Demgemäss ist das in der Natur vorhandene Wasser mit gebundenem Arbeitsvermögen begabt, so lange es sich in Ruhe befindet, und mit freiem Arbeitsvermögen versehen, sobald es fliesst. Es gestattet deshalb die Benutzung beider S. 476 erklärten Energieformen d. h. es kommt entweder durch sein Gewicht oder durch seine lebendige Kraft zur Wirkung und zwar zum Zwecke der Verrichtung mechanischer Arbeit in Kraftmaschinen, welche Wasserkraftmaschinen, hydraulische Kraftmaschinen genannt werden.

Die Nutzbarmachung der Wasserkraft erfolgt durch Zuführung des Wassers zu den Maschinen, durch sog. Beaufschlagung, weshalb das zur Verwendung gelangende Wasser Aufschlagwasser heisst. Dasselbe wirkt durch sein Gewicht, wenn es mit dem Kraftaufnehmer in Berührung also innerhalb der Maschine einen bestimmten vertikalen Weg hinuntersinkt, oder durch seine lebendige Kraft, wenn es ausserhalb der Maschine eine Höhe durchläuft, infolgedessen eine bestimmte Geschwindigkeit annimmt also ein Arbeitsvermögen erhält und dieses Arbeitsvermögen dann an die Maschine abgiebt.

Derjenige Höhenweg, welchen hiebei das Wasser zurücklegt, bildet das Gefälle.

Bezeichnet man allgemein mit Q die Aufschlagwassermenge in der Sekunde, mit γ die Dichtigkeit, also mit $Q\gamma$ das Gewicht des Wassers und mit H das Gefälle, so kann die bezeichnete Wassermenge die mechanische Arbeit leisten:

$$L = Q \gamma H$$

Hat dahingegen das Wasser ausserhalb der Maschine das Gefälle H durchlaufen und damit die Geschwindigkeit c angenommen, so dass, wenn mit g = 9,81 *m* die Fallbeschleunigung bezeichnet wird,

$$c = \sqrt{2\,g\,H} \quad \text{oder} \quad c^2 = 2\,g\,H \quad \text{also} \quad H = \frac{c^2}{2\,g}$$

ist, so ergiebt sich als Leistung auch

$$L = Q\gamma \frac{c^2}{2\,g} = Q\gamma H$$

In beiden Benutzungsfällen stellt sich also das Arbeitsvermögen des Wassers dar als das Produkt aus seinem Gewichte und seinem Gefälle. Hieraus folgt, dass es im Allgemeinen bezüglich der Ausnutzung der Wasserkräfte einerlei ist ob dieselbe durch das Gewicht einer herabsinkenden Wassermenge oder durch die lebendige Kraft derselben herabgesunkenen Wassermenge oder zum Teil durch Gewicht und zum Teil durch lebendige Kraft erfolgt.

Die in dem niedersinkenden Wasser zur Wirkung gelangende Schwerkraft kann ferner noch die Arbeit unmittelbar durch Druck auf die Kraftaufnehmer in der Weise übertragen, dass sich das Aufschlagwasser portionenweise von dem Vorratswasser abtrennt, also ausser Zusammenhang mit diesem in oder mit den Kraftaufnehmern herabsinkt. Oder das Wasser bildet einen Strom beziehungsweise eine Säule, welche mit dem Wasservorrat stetig in Verbindung bleibt und den Kraftaufnehmer vor sich her schiebt.

Kommt das Wasser portionenweise zu den Kraftaufnehmern, so müssen diese als Gefässe angeordnet werden, welche die abgetrennten Wassermengen aufnehmen, den Namen Zellen, Kübel und Eimer führen und der Wirkungsweise des Wassers gemäss zur Voraussetzung machen, dass sie sich mit dem Wasser stets nur in vertikaler Richtung bewegen.

Tritt dahingegen das Wasser in der Form eines Stromes oder einer Säule gegen die ausweichenden Kraftaufnehmer, so genügen für diese im Allgemeinen plattenförmige Körper, sog. Schaufeln oder Kolben, deren Bewegungsrichtung nicht auf eine vertikale beschränkt ist, sondern beliebig sein kann.

Werden jedoch beide Wirkungsweisen mit einander vereinigt, so ist wiederum die Bewegung in vertikaler Richtung erforderlich.

Verbindet man mehrere Kraftaufnehmer namentlich Zellen oder Schaufeln in passender Weise mit einer drehbaren Achse oder Welle, indem man sie an Armen anbringt, die radial von der Achse ausgehen, oder indem man sie zu Kränzen an einander reiht, welche konzentrisch die Achsen umgeben und mit diesen vermittelst Speichen verbunden werden, so erhält man Wasserkraftmaschinen in der Gestalt von Rädern mit dem besonderen Vorteil einer stetigen Drehbewegung. Diese wichtigste Gattung von hydraulischen Motoren bezeichnet man als Radmaschinen oder Wasserräder.

Wird andererseits die Anordnung in der Weise getroffen, dass ein Aufnehmer in der Gestalt eines Kolbens nach Art einer Dampfmaschine nur eine Hin- und Herbewegung ausführt, so entsteht diejenige Gattung von Wasserkraftmaschinen, welche Wasserdruckmaschinen oder gebräuchlicher Wassersäulenmaschinen genannt werden.

Um die Vorteile der stetigen Drehbewegung mit dem Vorteil einer vollständig vertikalen Richtung der Bewegung der Kraftaufnehmer zu vereinigen, ist vorgeschlagen eine grössere Anzahl von Kübeln an einer vertikal ausgespannten endlosen Kette anzubringen, und den an der einen Seite hängenden Kraftaufnehmern Aufschlagwasser zuzuführen, damit diese Kette sich in Bewegung setzt und die aufgenommene Arbeit auf die zwei horizontalen Achsen der Kettenräder überträgt (Eimerkette). In ähnlicher Weise können Scheiben oder Kolben, welche nach Art der Kettenpumpen auf endlose Ketten gereiht sind und in einem anschliessenden Rohre durch das Gewicht des Aufschlagswassers abwärts bewegt werden, als Wasserkraftmaschinen (Kolbenräder) wirken. — Beide Anordnungen (Kettenräder) haben jedoch eine Anwendung nur sehr vereinzelt gefunden. — Desgleichen sind Wasserkraftmaschinen mit drehenden Kolben bislang nur wenig zur Ausführung gelangt und zwar ebenfalls aus dem

Grunde, weil die Hervorbringung einer unmittelbaren Drehbewegung in den Radmaschinen mit sehr einfachen Mitteln erreicht ist.

Als die Hauptklassen der Wasserkraftmaschinen gelten demnach:

1. Wasserräder,
2. Wassersäulenmaschinen.

Das Aufschlagwasser für die Wasserkraftmaschinen ist in den weitaus meisten Fällen direkt den natürlichen Wasserläufen (Flüssen und Bächen) oder den natürlichen Wasserbehältern (Seen und Teichen) zu entnehmen; nur für Kleinbetriebe liefern künstliche Anlagen z. B. städtische Wasserversorgungen indirekt das Betriebswasser.

Die Zuführung des Wassers zu den Maschinen kann dabei mitunter in sehr einfacher Weise stattfinden z. B. dadurch, dass das fliessende Wasser unmittelbar in die Maschine eintritt, wie bei Wasserrädern, die in einen Fluss gehängt werden. In den meisten Fällen jedoch ist es notwendig, das Wasser in besonderen Leitungen zur Beaufschlagung zu bringen und zwar entweder deshalb, weil die Maschinenanlagen nicht in nächster Nähe des Gebrauchswassers errichtet werden können oder weil die Höhenlagendifferenzen Leitungen fordern oder auch weil man bestimmte örtliche Beziehungen zu berücksichtigen hat. Demgemäss gehören zu den Wasserkraftmaschinenanlagen noch als wichtige Bestandteile diejenigen Ein- und Vorrichtungen, welche dazu dienen, das Wasser in den Bächen etc. zu fassen und von dem Fassungsorte den Maschinen in zweckmässiger Weise zuzuführen, sowie nach Abgabe des Arbeitsvermögens fortzuleiten, und unter der Bezeichnung Wasserleitungen zusammengefasst werden mögen.

Erstes Kapitel.

Wasserleitungen.

Bei der Entnahme und Fortleitung des Wassers zum Zwecke der Arbeitgewinnung ist zunächst zu erwägen, dass die Leistungsfähigkeit des Wassers nach der Gleichung $L = Q \gamma H$ proportional der Wassermenge Q und dem Gefälle H ist, und dass sich demnach auch mit kleinen Wassermengen eine entsprechend grosse Arbeitsfähigkeit gewinnen lässt, wenn dieselben mit einem grossen Gefälle versehen werden können. Da ausserdem aber selbst bei verhältnissmässig grossen Wassermengen vielfach das vorhandene Gefälle zur Hervorbringung der gewünschten Arbeitsleistung nicht genügt, so trifft man auch beim Vorhandensein grösserer Wassermengen Anordnungen zu dem Zwecke, das Gefälle zu erhöhen, weshalb mit der Anlage von Wasserleitungen sehr häufig eine Vergrösserung der Gefälle beabsichtigt und herbeigeführt wird. Die Vergrösserung des Gefälles kann nur durch eine Erhöhung der Wasseroberfläche erreicht werden, weshalb den hier in Betracht kommenden Anlagen auch nebenbei die Aufgabe zufällt, den Oberwasserspiegel zu erhöhen und zwar durch Aufstauen des Wassers (Stauhöhe) indem man in dem Wasserlauf einen Einbau (Stauanlage) herstellt, vor dem sich das Wasser bis zur

gewünschten Höhe ansammelt. — Da infolge dieses Einbaues das Wasser sich stets in gleicher Höhe erhält, so wird durch denselben zugleich eine sehr wünschenswerte Gleichmässigkeit der Gefällhöhe hervorgebracht, also eine Regulirung des Wasserlaufes mit erreicht.

Die Einbaue zum Aufstauen des Wassers bestehen aus Dämmen, welche quer durch die Wasserläufe gelegt werden und den Namen Wehr führen und deren oberster horizontaler Rand Schwelle, Kappe oder Krone heisst. — Man unterscheidet Überfallwehre oder Überfälle und Durchlasswehre oder Schleussenwehre, je nachdem das Wasser frei und ungehindert über die Kappe läuft oder einen Schützen passiren muss.

Die gewöhnlichen Formen und Anlagen der Überfall-Wehre gehen aus den Figuren 537 bis 539 hervor, in welchen O den Oberwasserspiegel, B

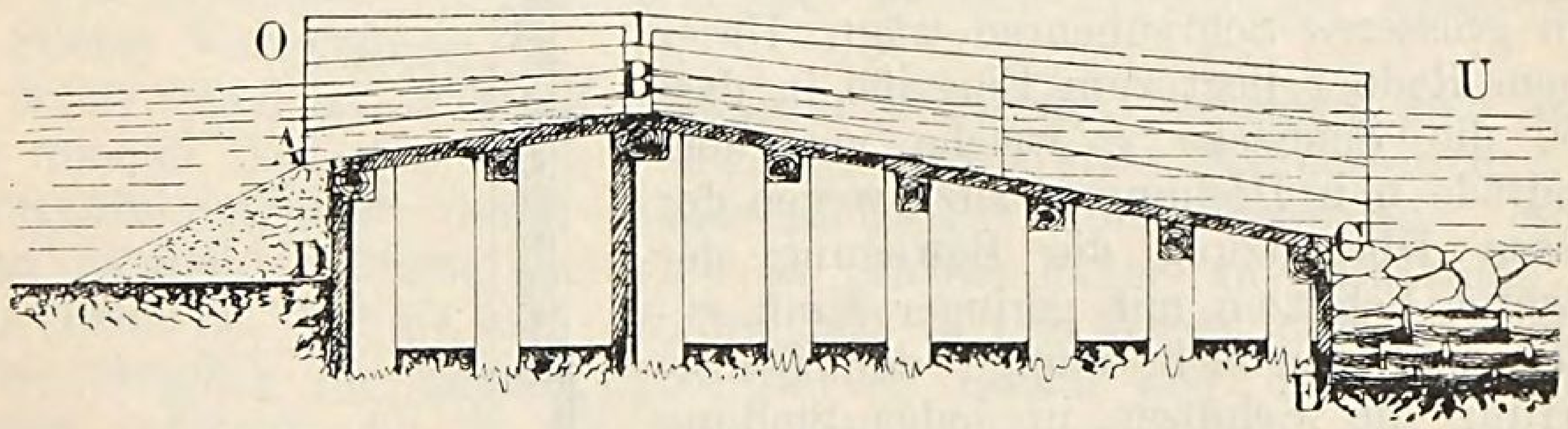


Fig. 537.

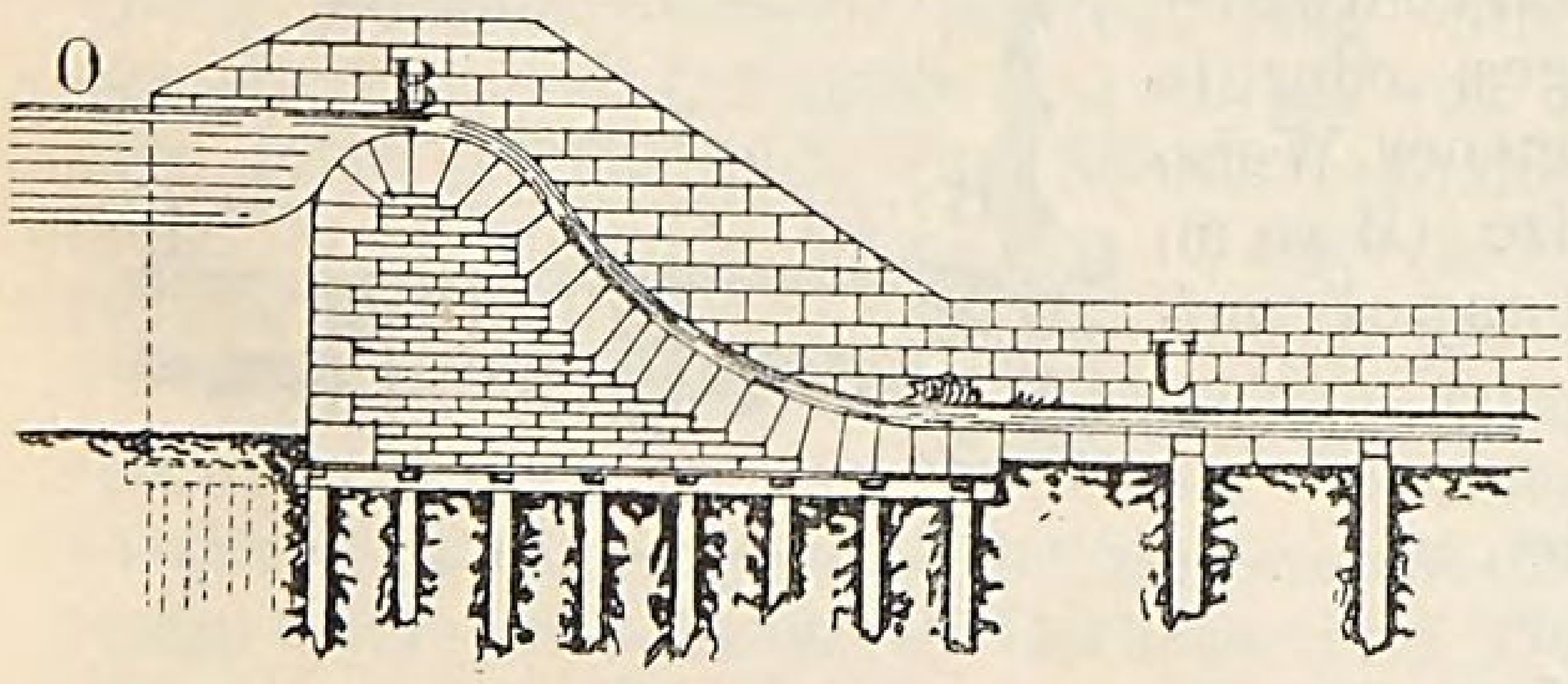


Fig. 538.

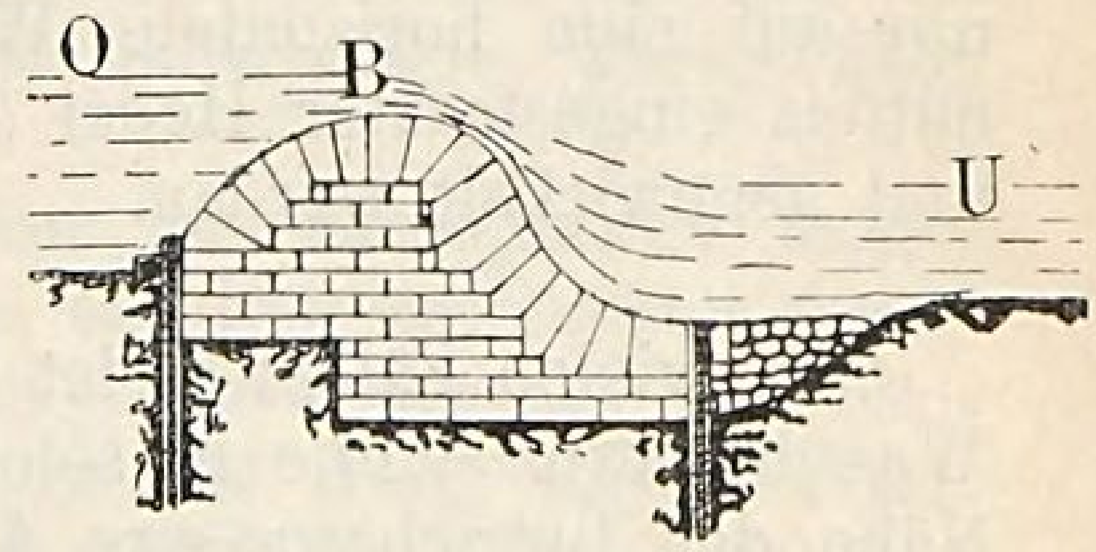


Fig. 539.

die Kappe, U den Unterwasserspiegel, DA die Brust, AB die Vordecke, BC die Abschussdecke und CE den Rücken bezeichnet. — Man errichtet sie vielfach ganz aus Holz (Fig. 537) auf einen Pfahlrost mit hölzernen Wänden und Steinanschüttungen bei D und E. Auch die aus Stein erbauten Wehre (Fig. 538, 539) ruhen in der Regel auf einem Pfahlrost, erhalten aber abgerundete Kappen und kreisförmig gebogene Decken, damit sie sich der naturgemässen Bewegung des Wassers anschliessen. — Liegt die Kappe B höher als der Unterwasserspiegel U so heisst das Wehr ein vollkommenes gegenüber einem unvollkommenen oder Grundwehr, dessen Kappe B (Fig. 537) tiefer als der Unterwasserspiegel U liegt und mit dem nur eine geringere Stauhöhe bezweckt wird.

Mit Durchlasswehren bezeichnet man solche Einbaue, bei denen (Fig. 540, S. 648) über dem Überfall oder der Kappe C eine vertikale Wand CE angebracht ist, welche den Zweck hat, das Wasser bedeutend zu stauen, damit es mit grösserer Geschwindigkeit ausgestattet wird. Zum Durchlassen des Wassers ist der untere Teil A dieser Wand als Schützen ausgebildet und dadurch geeignet, je nach Bedürfnis den Durchlass

zwischen A und C höher oder niedriger zu stellen, also zugleich zur Regulirung zu dienen. Zu diesem Behufe ist der Schützen A zwischen vertikalen hölzernen Säulen BB (Griesssäulen) verschiebbar und an Zahnstangen Z aufgehängt, welche durch ein Getriebe bei H bewegt werden, um den Schützen aufzuziehen oder hinunterzulassen. Eine bei T angebrachte Brücke vermittelt die Verbindung zwischen den Ufern des Baches etc.

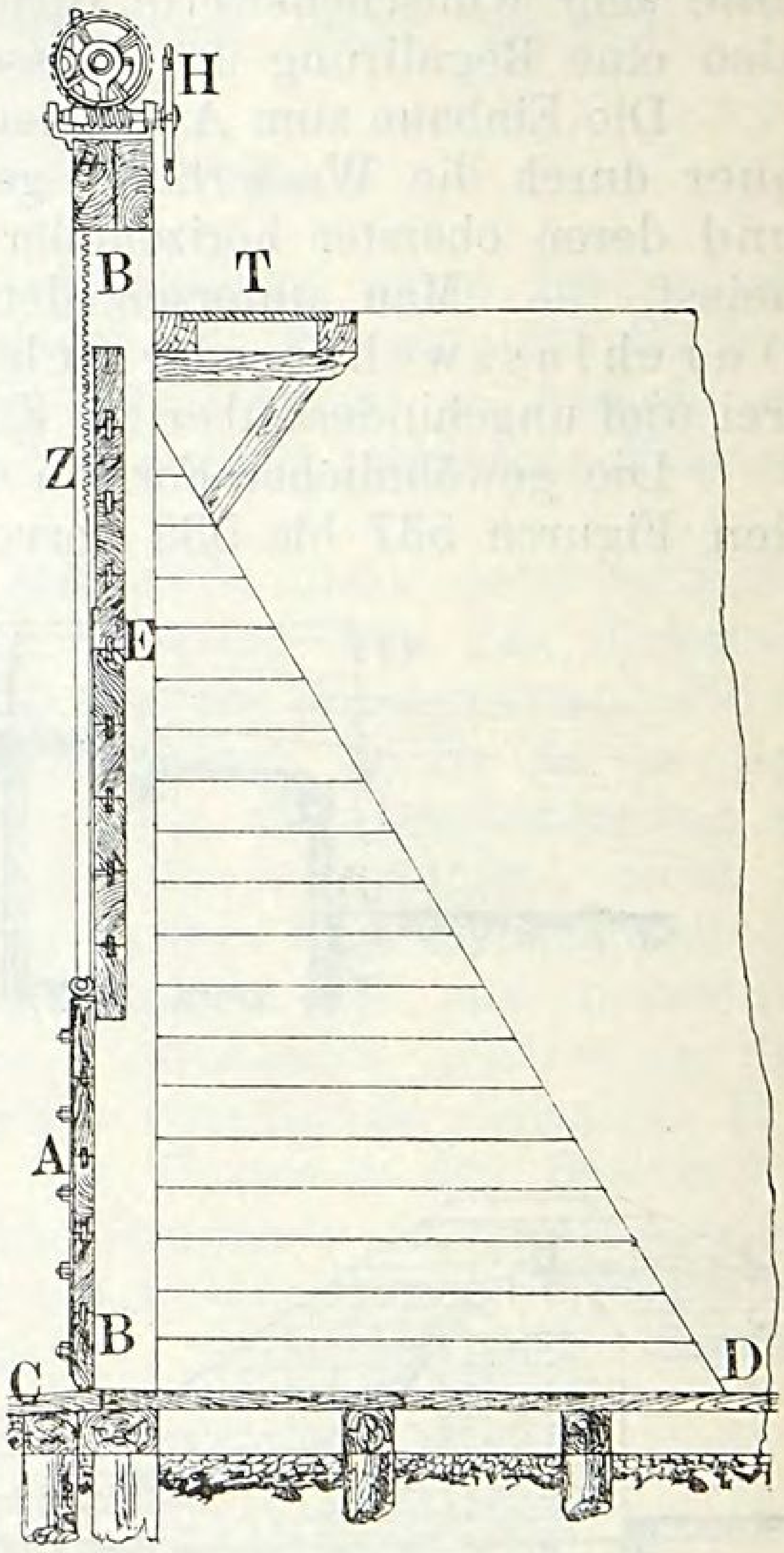


Fig. 540.

Die nähere Einrichtung des Schützenaufzuges geht aus Fig. 541 hervor: In die Zahnstangen z greifen Triebräder t ein, welche auf der Welle w festsitzen, die bei r ein grösseres Schraubenrad trägt. Unter diesem Rade r liegt zum Eingriffe in dasselbe die Schnecke s, welche von dem Handrade h in Drehung gesetzt, wegen der grossen Übersetzung die Bewegung der schweren Schützen mit geringer Kraft gestattet und zugleich infolge der Selbstsperrung die Schützen in jeder Stellung erhält. — Statt der Zahnstangen verwendet man auch vielfach Ketten, welche entweder mittels eines ähnlichen Aufzuges, oder in sehr einfacher aber unvollkommener Weise nur auf eine horizontale Walze (B a u m) mittels eingesteckter Hebel (H a s p e l) auf- und abgewickelt werden.

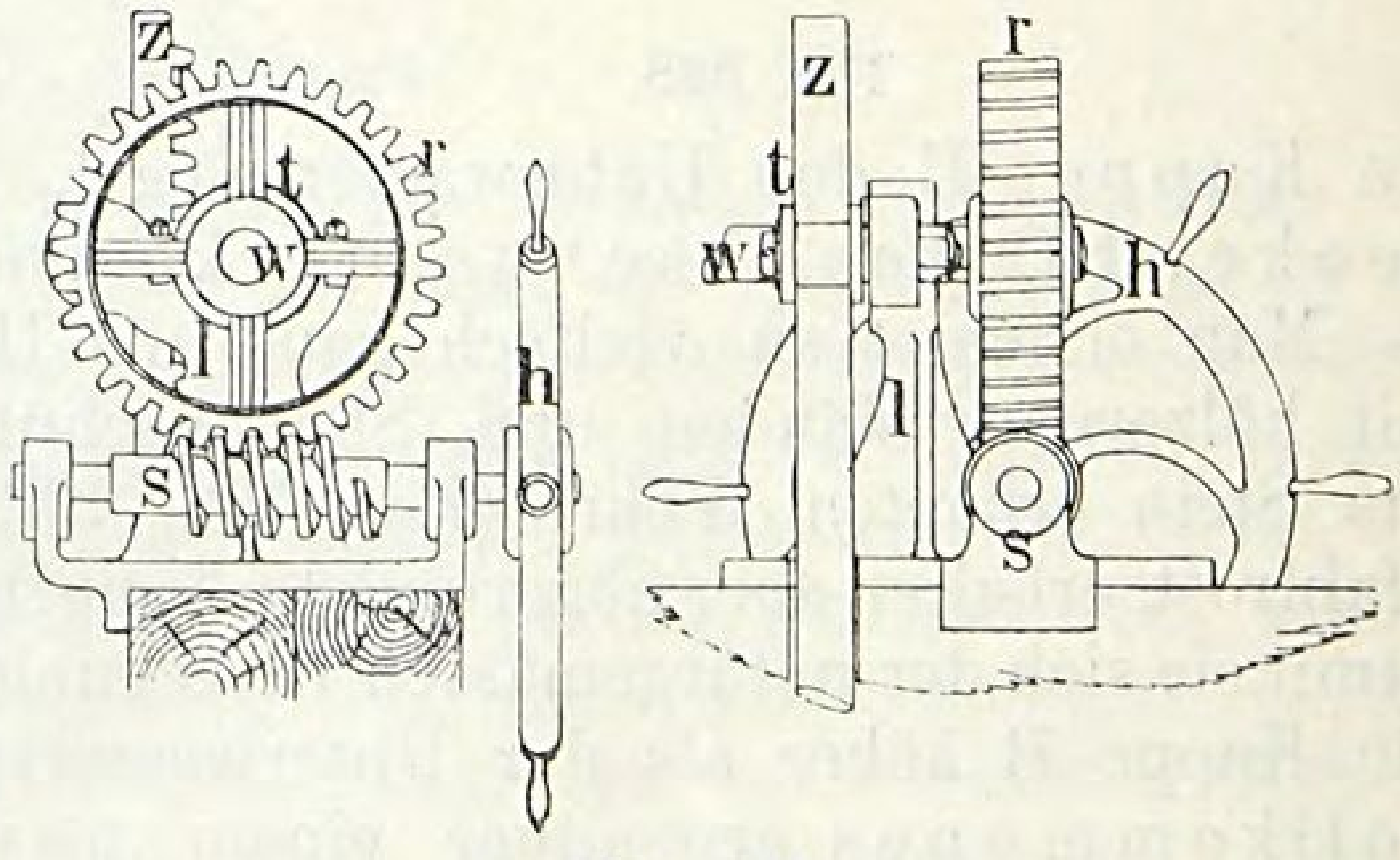


Fig. 541.

In vielen Fällen findet die Wasserkraftmaschine in solcher Nähe des Betriebswassers Aufstellung, dass es nur einer kurzen Leitung (G e r i n n e) bedarf, um letzteres der ersteren zuzuführen. Oft schliesst sich dieses Gerinne sogar unmittelbar an das Wehr an und zwar in der Richtung des Wasserlaufes, so dass das Sturzbett den Anfang der Leitung oder des Gerinnes bildet. Häufig jedoch ist es geboten, das Aufschlagwasser unmittelbar vor dem Wehr durch einen Seitenkanal also an der Stelle der grössten Stauhöhe dem Wasserlaufe zu entnehmen, in welchem Fall in der Regel an der Stelle, wo der Leitungskanal (A u f s c h l a g w a s s e r g r a b e n) beginnt, Schützen angebracht werden, um den Wasserzufluss regeln und ganz abstellen zu können.

Bei grösserer Entfernung erfolgt die Zuführung des Wassers in Gräben, Kanälen oder Röhren. — Die Gräben werden durch Ausheben des Erdreichs

erhalten und sind deshalb hauptsächlich in dieser einfachen Form nur in festem, undurchlässigem Boden anzubringen. An solchen Stellen des Bodens, wo derselbe wenig Festigkeit besitzt (Sandboden) oder das Wasser durchlaufen lässt (Kiesboden) kann man durch Bekleidung mit Thon-Zementbeton u. dgl. die genügende Festigkeit und Dichtigkeit hervor, bringen. — Die Kanäle sind entweder offen oder geschlossen; im ersten Fall auch wie die Gräben einfach in das Erdreich eingeschnitten, gewöhnlich aber der ganzen Länge nach mit Wänden oder Sohle aus Mauerwerk, Zement oder Holz versehen, nachdem der ganze Kanal mit Thon ausgerammt ist. Müssen die Kanäle bedeckt sein, so schliesst man sie oben entweder mit Brettern oder, z. B. bei unterirdischen stets, mit gewölbten Decken aus Stein oder Beton ab. Übrigens finden neuerdings auch Platten aus Gusseisen zum Abdecken der Kanäle sowohl als zum Belegen der Kanalwände und Sohlen Verwendung.

Nicht selten ist es bei Kanalanlagen notwendig, dieselben über mehr oder weniger tiefe und breite Bodeneinschnitte (Thäler, Schluchten u. s. w.) hinwegzuführen oder durch Bodenerhebungen hindurchzuleiten. Wenn irgend möglich, schliesst man sich in solchen Fällen an bestehende Anlagen (Brücken, Tunnel etc.) an, vielfach in der Weise, dass man längs solcher Strecken die Kanäle durch Röhren ersetzt und diese unter den Brücken aufhängt oder in die Tunnelsohle einbettet. Besondere Brücken als Fortsetzungen von Kanälen heissen Aquädukte. Durchleitungen durch Bodenerhöhungen gewinnt man durch Stollen. Zur Umgehung von oberirdischen Leitungen namentlich von Aquädukten legt man mannigmal unter der Thalsohle eine Röhrenverbindung an, in welcher der auf der einen Seite wirkende Druck das Wasser auf der andern Seite wieder hebt. (Heber, Siphon).

Freiliegende, offene aus Holzbohlen mitunter aus Eisenplatten hergestellte Leitungen heissen Gerinne. Dieselben erhalten rechteckige Querschnitte und ruhen je nach der Bodenbeschaffenheit entweder auf dem Erdboden oder auf besonderen Gerüsten und Trägern aus Holz, mitunter aus Eisen auf, die zugleich einen begehbaren Steg tragen, der neben dem Gerinne herläuft.

Der zum Betriebe einer Wasserkraftmaschine dienende Graben oder Kanal wird Werkkanal, Werkgraben oder Mühlgraben genannt und zerfällt in den Obergraben oder Oberwassergraben als Zuflusskanal von dem Wasserlauf bis zur Maschine, und in den Untergraben oder Unterwassergraben als Abflusskanal zum Abführen des Wassers. Die Einmündung des Kanals in den Bach etc. erfolgt allmählich, d. h. unter Verbreiterung des Kanals und mit Vermeidung eines scharfen, eckigen Einschneidens, indem die Kanalufer an der Eintrittstelle eine Abrundung erhalten. Ausserdem befinden sich an der Einmündung Regulirschleussen, sowie zur Vermeidung des Überlaufens Ablässe oder Fluther, die in kurzen, seitwärts einmündenden Kanälen bestehen, welche so angeordnet werden, dass sie bei einer bestimmten Höhe des Kanalwasserspiegels in Wirkung treten und das weiter zuströmende Wasser abführen. Desgleichen zweigt sich neben der Kraftmaschine ein Nebenkanal mit Schützen ab, der den Obergraben mit dem Untergraben zu verbinden gestattet, um das ganze Wasser abzuleiten, wenn die Maschine z. B. zum

Zwecke der Ausbesserung etc. vorübergehend abgestellt werden soll (Freilauf, Freigerinne). Bei kurzen Obergräben kann dieser Freilauf zugleich als Ablass gebraucht werden. Endlich ist vor dem Orte der Maschinenaufstellung (Radstube, Wasserstube) noch ein Rechen oder Gitter anzubringen, vor dem die im Wasser schwimmenden grösseren Körper, Holz u. dgl. aufgefangen und somit verhindert werden, in das Bereich der Maschine zu gelangen.

Von besonderer Bedeutung und Wichtigkeit werden die Kanalanlagen bei Wasserläufen mit grossem Gefälle, welches auf eine lange Strecke verteilt ist, weil sie ein Mittel darbieten dieses Gefälle auf einen Punkt zu konzentriren. Bezeichnet z. B. in Fig. 542 die lange Strecke ABC = l

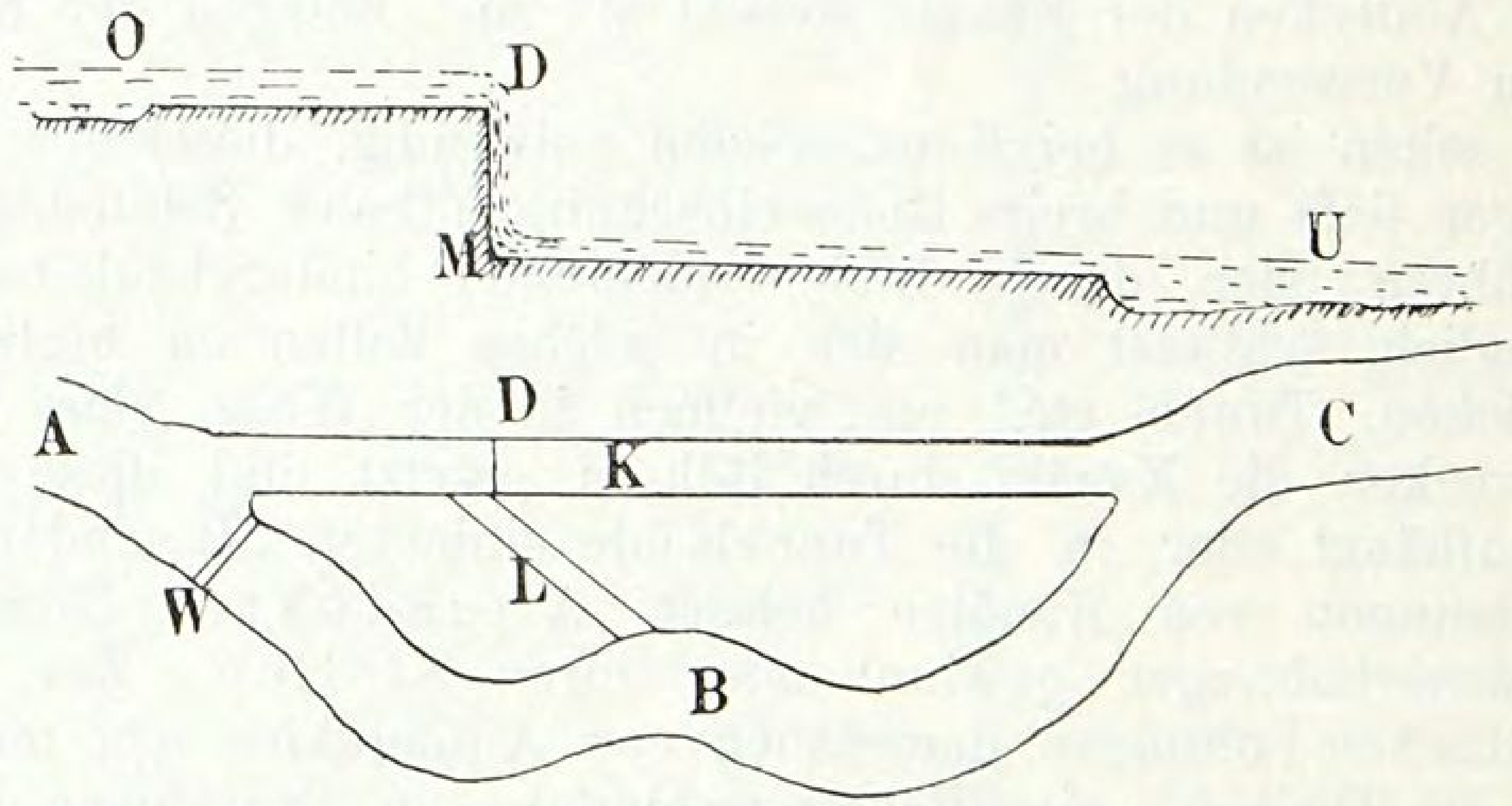


Fig. 542.

einen Teil des Flusslaufs, dessen Einheitsgefälle (relative Gefälle) α sein mag, so beträgt der Höhenunterschied zwischen A und C die Grösse $l\alpha$ also das in C nutzbar zu machende Gefälle.

Verbindet man den Anfang A der Strecke mit dem Ende C durch einen Kanal K = ADC, der in den Oberkanal AD und den Unterkanal DC zerfällt und dasselbe Gefälle besitzt, so wird das Gefälle bei D konzentrirt, wenn man den Obergraben AD mit möglichst kleinem Gefälle anlegt aber bei D plötzlich bis zum tief liegenden Motor M abfallen lässt. Da der Untergraben auch nur soviel Gefälle zu erhalten braucht, als zum Ablaufen des Wassers notwendig ist, so kann das künstliche Gefälle DM beinahe ebenso gross sein, als das natürliche längs AC. Ist nämlich l_1 die Gesamtlänge des Kanals AC und α_1 das Einheitsgefälle, so ist das ganze Gefälle des Kanals $l_1\alpha_1$. Wird nun angenommen, dass dieses Gefälle so gewählt ist, dass es gerade ausreicht die Bewegungswiderstände des Wassers im Kanal zu überwinden, so steht bei M ein Nutzgefälle von der Grösse

$$h = l\alpha - l_1\alpha_1$$

zur Verfügung. Dieses Nutzgefälle ist um so grösser, je kleiner l_1 und α_1 ist, weshalb man stets zwischen A und C die kürzeste Verbindung und für die Gräben AD und DC das zulässig kleinste Gefälle anwendet. Die Wahl der Lage von D hängt meistens von örtlichen Verhältnissen ab, soll aber wenn möglich aus praktischen Gründen so getroffen werden, dass der Obergraben AD kurz ausfällt, um den Verkehr zwischen D und A, wegen der bei A angebrachten Schleussen, Wehre W etc., sowie das Freihalten

des Obergrabens von Eis und sonstigen Verstopfungen zu erleichtern. Ausserdem wird noch ein Freigerinne L angelegt.

Der Querschnitt eines Kanals hat die Form eines geradlinigen oder wenig gebauchten Trapezes, weil diese Form der Wasserbewegung den geringsten Widerstand entgegensetzt. Die Grösse F des Querschnittes hängt ab von der Wassermenge Q und deren Geschwindigkeit c, indem $Q = F c$ also $F = Q : c$ ist. Um nun einerseits durch grosse Wassergeschwindigkeit — welche ein kleines Kanalprofil ergiebt — die Kanalwände nicht anzugreifen und erhebliche Einbusse an wirksamem Gefälle zu vermeiden, wählt man die Neigung (Abhang) des Kanals derart, dass die Wassergeschwindigkeit möglichst klein wird. Da aber andererseits auch das Verschlammen infolge einer trägen Bewegung des Wassers verhindert werden muss, so folgt daraus, dass die Wassergeschwindigkeit ebenfalls mit der Boden-, Bett- und Wasserbeschaffenheit im Zusammenhange steht. Mit Berücksichtigung aller Umstände haben sich folgende Wassergeschwindigkeiten am Boden des Kanals als die zulässig höchsten erwiesen:

bei hartem, ungeschichtetem Gesteine . .	3,0 *m*,
„ geschichtetem Gesteine	1,8 „
„ Konglomerat oder Schiefergestein . .	1,5 „
„ grobsteinigem Boden	1,2 „
„ Kiesboden	0,6 „
„ Sandboden	0,3 „
„ Thonboden	0,15 „
„ Schlammboden	0,08 „ .

Damit in dem Unterwassergraben eines Werkkanals ein Aufstauen des Wassers (Rückstauen) sicher ausgeschlossen ist, giebt man demselben stets ein grösseres Gefälle (0,001 bis 0,002) als dem Obergraben (0,00025 bis 0,0005).

Zur Regulirung der Wassermenge in den Kanälen dienen Schützen, welche so angeordnet werden, dass sie zugleich erforderlichen Falls den ganzen Kanal abzusperren gestatten. Sie werden je nach Bedürfnis am Anfange des Kanals oder in nächster Nähe des Motors aufgestellt und bestehen in der Regel aus genügend starken Bretterwänden, welche an vertikalen Ständern geführt und bei besseren Anlagen mittels Zahnstangengetriebe oft auch mittels Ketten und Walzen bewegt werden. Eine sehr oft verwendete Anordnung stimmt vollständlg mit derjenigen überein, welche S. 648 Fig. 540 beschrieben wurde.

Die Zuführung des Wassers durch Röhren wird hauptsächlich dann bevorzugt, wenn nur verhältnissmässig kleine Wassermengen zur Verfügung stehen, insbesondere bei grossen Gefällen. Ausserdem gestatten Röhrenleitungen die Fortführung bequem in allen Richtungen mit Umgehung von Überbrückungen und Unterführungen über Einschnitte, Thäler und Schluchten auf- und absteigend mit beliebiger Neigung, wenn nur dafür Sorge getragen wird, dass der Röhrenanfangspunkt höher als der Endpunkt und bei Überschreitung von Höhen und anderen Erhöhungen, der höchste Punkt der Leitung, nach dem Gesetze des Hebers nicht über 10 *m* (1 *Atm.* S. 153) über dem Eintritte des Wassers liegt.

Als Material zu den Röhren steht Gusseisen als das gebräuchlichste obenan; dann folgen genietete Schmiedeisenröhren, selten Holzröhren (S. 80 u. f.). Stein-, Zement- und asphaltirte Papierröhren finden ebenfalls Verwendung.

Zum Absperren der Röhren dienen gewöhnlich Schieber und zwar für horizontale Strecken Absperrschieber von der in Fig. 163 S. 114 dargestellten Anordnung, während für vertikale Abzweigungen sich der Schieber Fig. 164 S. 114 vorzüglich eignet. — In den geschlossenen Röhren sammelt sich an den höchsten Punkten namentlich der Krümmungen die in dem Wasser stets vorhandene Luft an, zu deren Entlassung sich selbstthätige Ventile empfehlen. Die einfachste Anordnung derselben besteht in einem Schwimmer (Hohlkugel) der an einer nach oben gerichteten Stange ein Ventil trägt, sich infolge einer Luftansammlung mit Senkung des Wassers abwärts bewegt und das Ventil öffnet, nach Entlassung der Luft mit dem Wasser aber wieder steigt und das Ventil schliesst. Auch Ventile nach Art der in Fig. 150 und 151 (S. 106) konstruirten finden hier Anwendung.

Zweites Kapitel.

Wasserradmaschinen.

Nach den oben erklärten Wirkungsweisen gelangt das Wasser in den Wasserrädern auf zweierlei Art zur Abgabe des Arbeitsvermögens.

Entweder tritt dasselbe an Schaufeln oder in Zellen des Rades mit mehr oder weniger Stoss ein und macht mit dem Rade bis zu seinem Austritte eine gemeinsame Bewegung. Es befindet sich demgemäss während seines Aufenthaltes im Rade zu diesem in relativer Ruhe, nimmt dieselbe Geschwindigkeit an, welche das Rad am Umfange besitzt und verlässt das Rad mit dieser angenommenen Geschwindigkeit, die selbstverständlich für die Wirkung auf das Rad verloren ist. Diejenigen Räder, welche auf dieser Wirkungsweise beruhen, bezeichnet man kurzweg als Wasserräder im engeren Sinne.

Oder das Wasser tritt mit möglichst geringem oder ohne Stoss an die Schaufeln des Rades und bewegt sich bis zu seinem Austritte nicht nur mit den Schaufeln, sondern auch längs derselben. Es befindet sich demnach während seines Aufenthaltes im Rade zu diesem in relativer Bewegung, giebt sein Arbeitsvermögen an die Schaufeln ab und verlässt unter gewissen Bedingungen das Rad in einer der Bewegungsrichtung des letzteren entgegengesetzten Richtung mit einer sehr geringen absoluten Geschwindigkeit, so dass eine möglichst vollständige Abgabe des Arbeitsvermögen erreicht wird. Diejenigen Räder, denen diese Wirkungsweise zu Grunde liegt, werden Turbinen genannt.

Diesen bezeichnenden Merkmalen entsprechend zerfallen die Wasserkraftradmaschinen in die zwei Gruppen: Wasserräder und Turbinen.

I. Wasserräder.

Die Wasserräder im engeren Sinne erhalten fast ausnahmelos eine solche Aufstellung, dass der Radkörper an einer horizontal gelagerten Achse

(Radwelle) befestigt wird und sich demnach in einer Vertikalebene bewegt, weshalb dieselben gewöhnlich vertikale Wasserräder heissen.

Je nach der Höhe, in welcher der Eintritt des Wassers in das Rad erfolgt, unterscheidet man:

1. Unterschlächtige Wasserräder, bei welchen das Wasser an der tiefsten Stelle des Rades eintritt;

2. Mittelschlächtige Wasserräder, wenn die Zuführung des Wassers in der mittleren Höhe des Rades stattfindet;

3. Rückenschlächtige Wasserräder, bei welchen die Wassereinlaufstelle in dem oberen Teile des Rades angebracht ist;

4. Oberschlächtige Wasserräder, bei welchen der Wassereintritt an der höchsten Stelle (Scheitel) des Rades liegt.

A. Einführung des Wassers.

Zur Einführung des Wassers in das Rad werden fast stets Schützen angeordnet, die die Bestimmung haben die Wassermenge zu regeln und den möglichst günstigsten Eintritt des Wassers in das Rad zu bewirken. Diese Regelung der Wassermenge wird hauptsächlich durch Vergrösserung und Verkleinerung der Strahldicke, und der günstigste Eintritt durch möglichste Verminderung von Stoss erreicht. Deshalb sind die in Rede stehenden Vorrichtungen gewöhnlich derart eingerichtet, dass sie eine Veränderung der Strahldicke bei stossfreier Überführung des Wassers in das Rad gestatten. Die Veränderung der Strahldicke wird auf zweierlei Art vorgenommen: jenachdem der Wasserstrahl sich durch einen ringsum geschlossenen Spalt (Durchlass) oder über eine horizontale Wand (Überfall) bewegt, indem bei ersterer Anordnung die obere Spaltkante bei zweiter Anordnung der Überfall höher oder tiefer gestellt wird. Hiernach zerfallen die zu genanntem Zwecke dienenden Schützen in Durchlass- und Überfallschützen. — Da die zufliessende Wassermenge Q abhängt von dem Strahlquerschnitte F und der Geschwindigkeit c, indem $Q = Fc$ und die Geschwindigkeit c von dem Gefälle bestimmt ist, so ist auch eine Regelung der Wassermenge dadurch herbeizuführen, dass man den Durchlass in seiner Grösse unverändert lässt und nur durch Höher- oder Tieferstellung desselben die Wassergeschwindigkeit regelt. Solche Schützen nennt man zweckmässig Spaltschützen.

Besitzt der Wasserstrahl eine bedeutende Dicke, so stehen seine einzelnen Horizontalschichten unter verschiedenen Druckhöhen und treten deshalb mit oft erheblich abweichenden Geschwindigkeiten in das Rad. Zur Vermeidung der hiermit verbundenen Störungen pflegt man dicke Strahlen dadurch in mehrere dünne zu teilen, dass man in den Einlaufapparat in gewissen Abständen über einander dünne Blechplatten (Kulissen oder Leitschaufeln; Kulissenschützen, Kulisseneinlauf, Leitschaufelschützen) anbringt, über welche das Wasser hinweg in das Rad strömt. Die Wasserregulirung erfolgt sodann durch einen Überfallschützen, der vor den Kulissen höher oder tiefer eingestellt wird und je nach Bedürfniss eine oder mehrere Durchlassöffnungen bedeckt.

Zur Erzielung eines günstigen Eintrittes des Wassers in das Rad erhalten die das Wasser leitenden Schützenkanten eine entsprechende Abrundung, sowie die Kulissen eine rund gebogene Form, welche das Wasser

aus der horizontalen Richtung allmählich ohne plötzliche Richtungsänderung so ablenkt, als es die Einführung in das Rad bedingt.

Wenn auch in Einzelheiten vielfach verschieden und den örtlichen und räumlichen Verhältnissen angepasst, lassen sich die hier in Betracht kommenden Schützen auf die folgenden Grundformen zurückführen.

Fig. 543 lässt einen Durchlassschützen erkennen. Der aus Holzbohlen gebildete Schützen S bewegt sich in schrägen Führungen f und wird gezogen oder niedergelassen vermittelst Triebräder s, welche in die am Schützen befestigten Zahnstangen z eingreifen, die auf Stützrollen r aufliegen. Die Grösse des Schützen ist so bemessen, dass derselbe im Stande ist den Kanal K bis zu der Höhe des gewöhnlich höchsten Wasserstandes abzuschliessen. Die untere Schützenkante k besteht aus einem stärkeren, abgerundeten Holzstück mit einer eisernen Leitschaufel l, die sehr nahe an die durch die punktirte Linie c c angedeutete Radperipherie herantritt. Da auch der Kanalboden B sich entsprechend senkt, so tritt das Wasser durch einen Spalt ohne plötzliche Richtungsänderung in das Rad ein. — Für schmale Schützen genügt zur Bewegung die Anbringung einer einzigen Zahnstange. In der Regel jedoch kommen zwei Zahnstangen zur Anwendung.

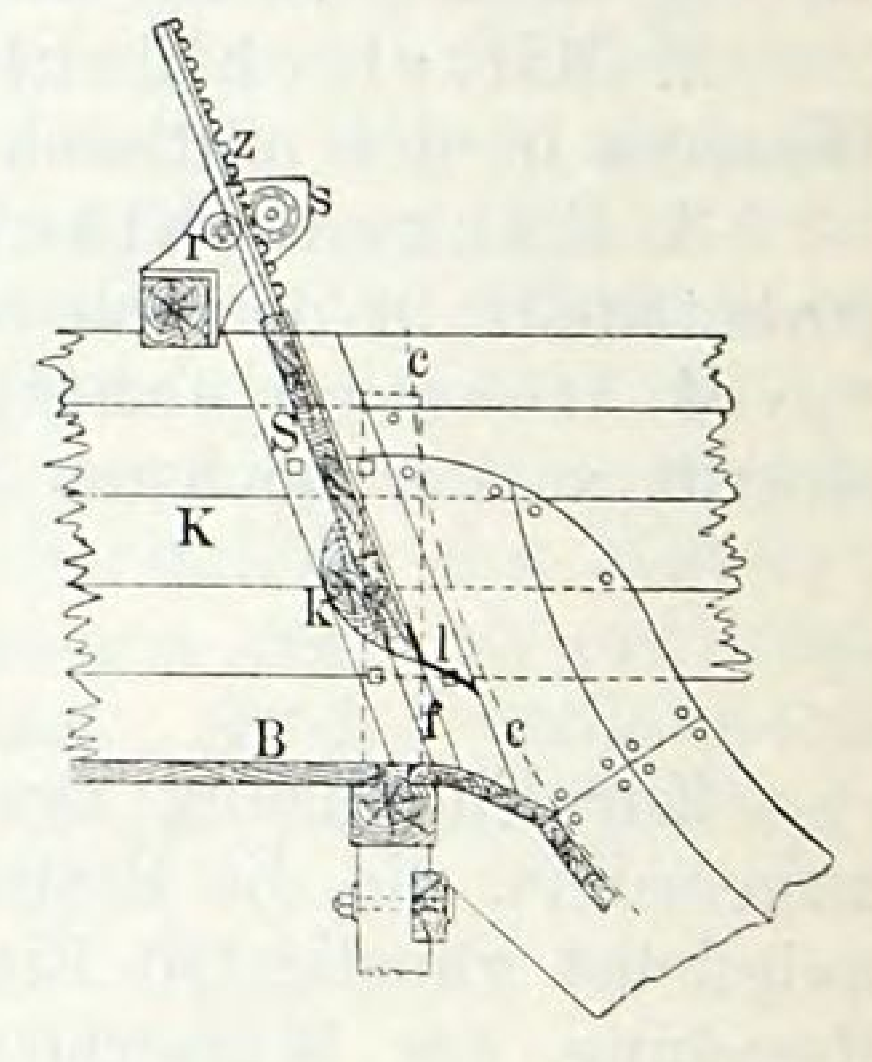


Fig. 543.

Ein Überfallschützen ist durch Fig. 544 vergegenwärtigt. Der hölzerne Schützen S bewegt sich unmittelbar über dem Kanalboden B in Führungen f vor der aus Hölzern m angefertigten Kropfkante. An dem oberen Rande k befindet sich die passend gebogene, eiserne Leitschaufel l, ebenfalls wie der Kropf nahe an die durch cc angedeutete Radperipherie heranreichend und sich beim tiefsten Stande auf die Kropfkante m auflegend. Zur Bewegung des Schützen dient ein Zahnstangenpaar z, das zur Vermeidung von Klemmungen scharnierartig mit S verbunden ist. Das in die Zahnstangen eingreifende Triebräderpaar sitzt auf einer Achse, welche von dem Handrad h vermittelst der Schnecke r und Schneckenrad s gedreht wird. Diese von dem gusseisernen Bock L aufgenommene Einstellungsvorrichtung hat den Vorteil der Selbstsperrung und wird auch oft bei den anderen Durchlass- und Kulissenschützen angewendet.

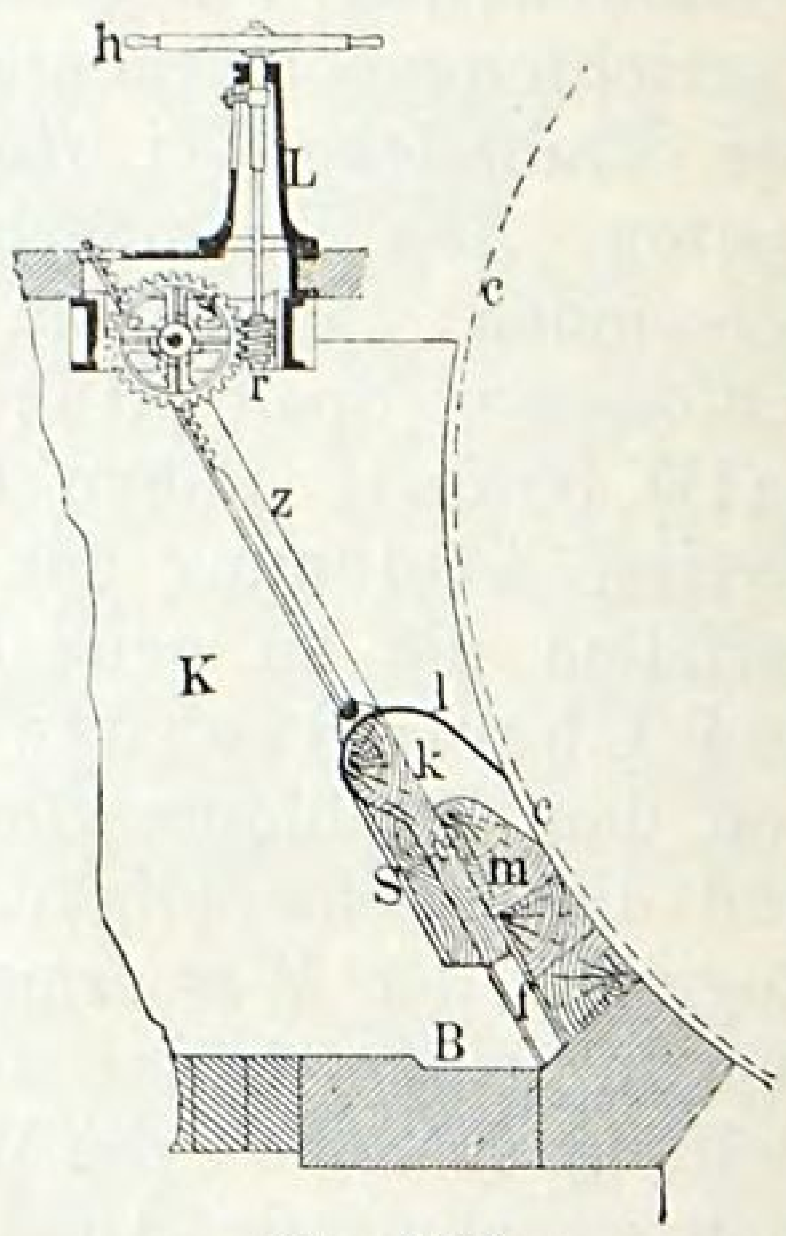


Fig. 544.

Zur Erklärung der allgemeinen Anordnung eines Leitschaufelschützen mag Fig. 545 dienen. Auf der den Kanal K abschliessenden Mauer M ruht ein Rahmen R, der hier vier mittels Winkeleisen befestigte Leitschaufeln ll trägt. Vor derselben Mauer hängt, in Führungen f beweglich, der hölzerne Schützen S an den Zahnstangen z, die ihre Bewegung auf dieselbe Weise

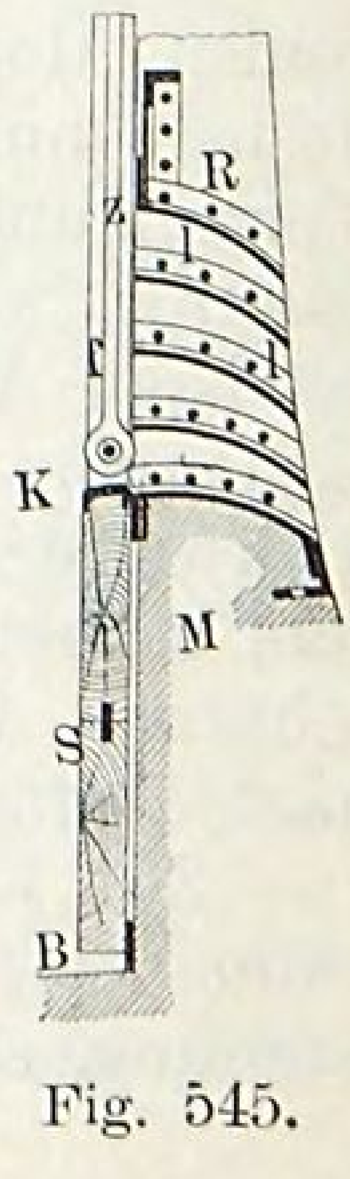


Fig. 545.

erhalten wie oben beschrieben ist. Je nach der Stellung des Schützen wird der ganze Strahl in vier oder weniger Teile geteilt dem Rade zugeführt.

B. Unterschlächtige Wasserräder.

1. Freihängende Wasserräder.

Die denkbar einfachste Anordnung eines Wasserrades wird erhalten, wenn man ein Rad mit radialen Schaufeln von obenher in einen Wasserstrom (Fluss) so tief einhängt, dass die Radschaufeln genügend weit in das Wasser eintauchen. Bei schmalen Wasserläufen ist die Achse dieser sog. freihängenden Räder auf den Ufern auf hölzernen Böcken (Bänken, Angewellbänken) zu lagern. Bei breiten Strömen dahingegen befindet sich entweder ein Lagerbock auf dem einen Ufer und der zweite auf einem Holzgerüst oder einem Pfeiler im Flusse. Diese feste Lagerung hat den Nachteil, dass die Tiefe, in welcher die Schaufeln eintauchen, mit dem Wasserstande steigt und fällt und demgemäss die Leistung des Rades wechselt. Deshalb ist diese einfache Anlage nur anwendbar bei gleichbleibendem Wasserstande oder in Fällen untergeordneten Gebrauchs, die einen regelmässigen Arbeitsaufwand nicht beanspruchen z. B. bei kleinen Anlagen von Hammerwerken, Sägewerken etc.

Eine wesentliche Vervollkommnung der freihängenden Räder wird dadurch erzielt, dass man sie schwimmend d. h. so anbringt, dass sie mit dem Wasser selbstthätig sich heben und senken oder mittels mechanischer Vorrichtungen höher oder tiefer hängen lassen. — Zur selbstthätigen Einstellung ist eine Einrichtung (Colladon) in Anwendung gekommen, welche in einem grossen Trommelschwimmer besteht, der den inneren Raum zwischen dem Schaufelkranz und der Achse ausfüllt also konzentrisch um die letztere verläuft, auf dem Wasser liegt und sich auf diesem wälzt. — Gebräuchlicher sind jedoch die Schiffmühlenräder, bei welchen das Rad zwischen zwei im Strome verankerten oder angebundenen Kähnen oder Schiffen angebracht ist, und die Zapfen der Radachse auf den Schiffen ihre Lagerung finden. Gewöhnlich ist dabei die von dem Wasserrade anzutreibende Werkmaschine (Mahlmühle), sowie eine Wohnung etc. ebenfalls auf den Schiffen unterbracht (Schiffmühle) und dann zwischen den Schiffen durch Stege eine Verbindung hergestellt. Die Räder selbst erhalten einen Durchmesser von 3 bis 6 *m*, oft nur 6 zweckmässiger 12 bis 20 Schaufeln von 2 bis 6 *m* Länge, 0,4 bis 0,6 *m* Breite und um etwa 15° gegen die Stromrichtung geneigt. Sie können fast nur auf breiten Flüssen (Rhein, Donau) angewendet werden, wo eine grosse Stromverengung zulässig ist.

Die mechanischen Einrichtungen zum Heben und Senken der freihängenden Wasserräder heissen Pansterzeuge und die damit ausgestatteten Räder Pansterräder. Die Pansterzeuge bestehen entweder der Hauptsache nach aus Hebeln (Stockpanster), welche die Angewelle aufnehmen und mittels Ketten oder Schrauben auf- und abbewegt werden oder aus Ketten (Ziehpanster), welche die Angewelle tragen und von Walzen auf- und abzurollen sind.

Zur Erklärung eines Pansterrades mit Stockpanster mag die in Fig. 546 vor Augen geführte Anordnung dienen. Das mit 12 Schaufeln ver-

sehene Rad R hängt mit seinen Wellenzapfen an zwei Hebeln ABC, welche mit ihren Drehzapfen B an Ständen S drehbar befestigt sind. Zwischen den Hebelköpfen C befindet sich eine Stange mit Gegengewichten und einer Schraube T, die mittels eines Gelenkes m an C angehängt, sowie an den Bolzen x drehbar befestigt ist und eine Mutter in dem Handrade h aufnimmt, durch deren Drehung die Hebelbewegung also die Radeinstellung bewerkstelligt wird. Die Uebertragung der Radbewegung auf die Hauptwelle E mit Hilfe der Ketten kk geht ohne weiteres aus der Skizze hervor.

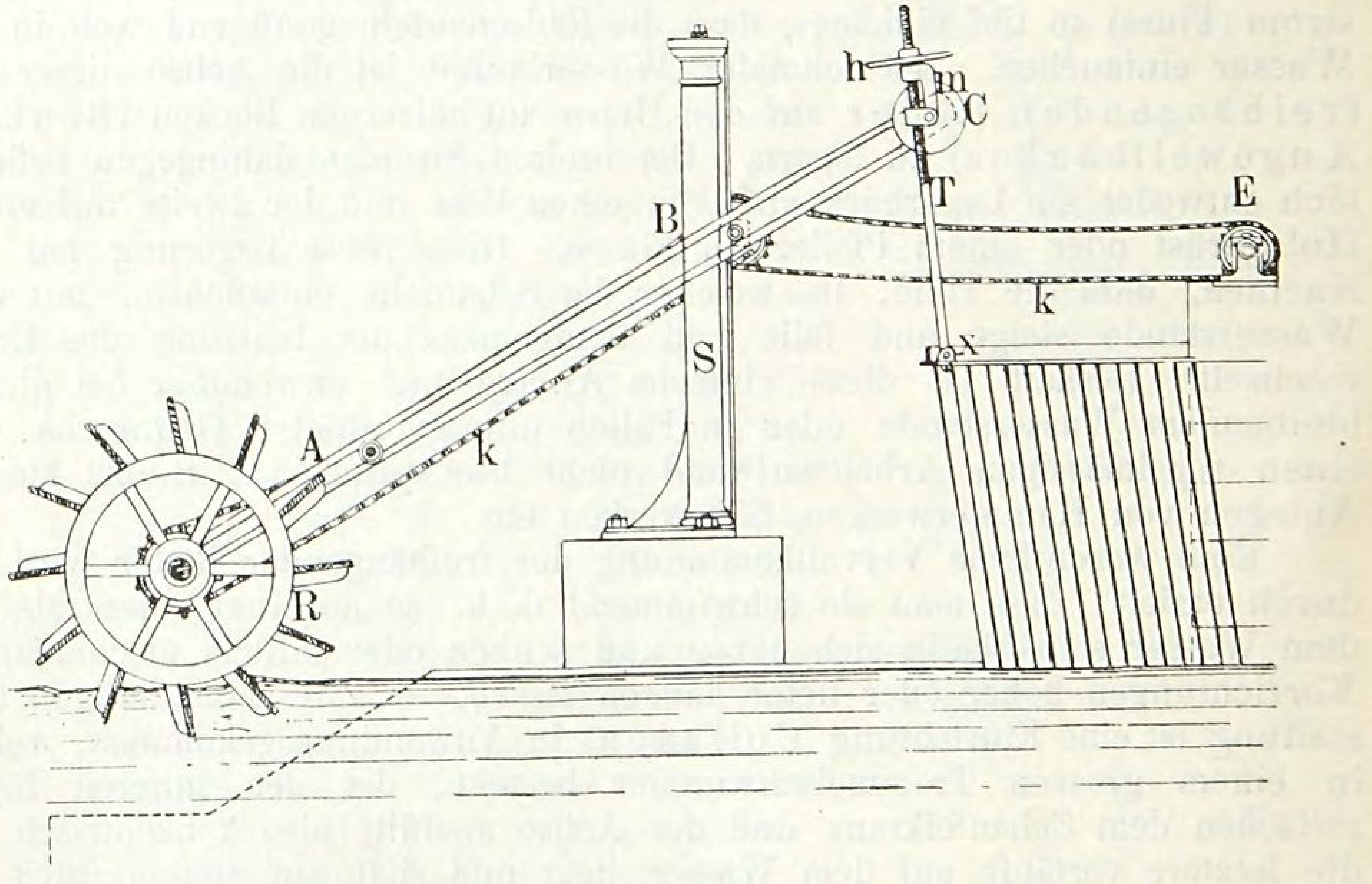


Fig. 546.

Der Nutzeffekt der freihängenden Räder kann aus mehreren Gründen nur ein verhältnissmässig geringer sein. Zunächst weicht ein nicht geringer Teil des Wassers beim Anprall an die Schaufeln seitwärts aus und giebt nur wenig Arbeit an die Schaufeln ab. Ausserdem tauchen bei den üblichen Ausführungen zu wenig Schaufeln ($1^1/_2$ bis $2^1/_2$) in das Wasser und lassen infolgedessen viel Wasser unbenutzt durchfliessen.

2. Räder in Gerinnen.

Die gebräuchlichste Anordnung der unterschlächtigen Wasserräder ist diejenige, bei welcher die Radachse mit den beiden Zapfen in Lagern auf festen Fundamenten liegt und die Wasserzufuhr zu dem Rade durch ein Gerinne geregelt wird. In einfachster Ausführung sind die Gerinne gerade oder eben und horizontal oder dem Rade zu ein wenig geneigt, und heissen dann Schnurgerinne, oder sie verlaufen eine kurze Strecke konzentrisch mit dem Rade, bilden also einen Cylinderabschnitt (Kropf) und werden Kropfgerinne genannt, woraus sich die Bezeichnung Schnurräder und Kropfräder ergiebt.

a. Schnurräder. — Die vollständige Anlage eines Rades mit Schnurgerinne geht aus Fig. 547 hervor. Der Gesamteinbau besteht aus dem

Vorgesenke oder Heerde A und dem eigentlichen Radgerinne B mit dem Freigerinne C, sowie dem Grieswerke D. Der ganze Einbau

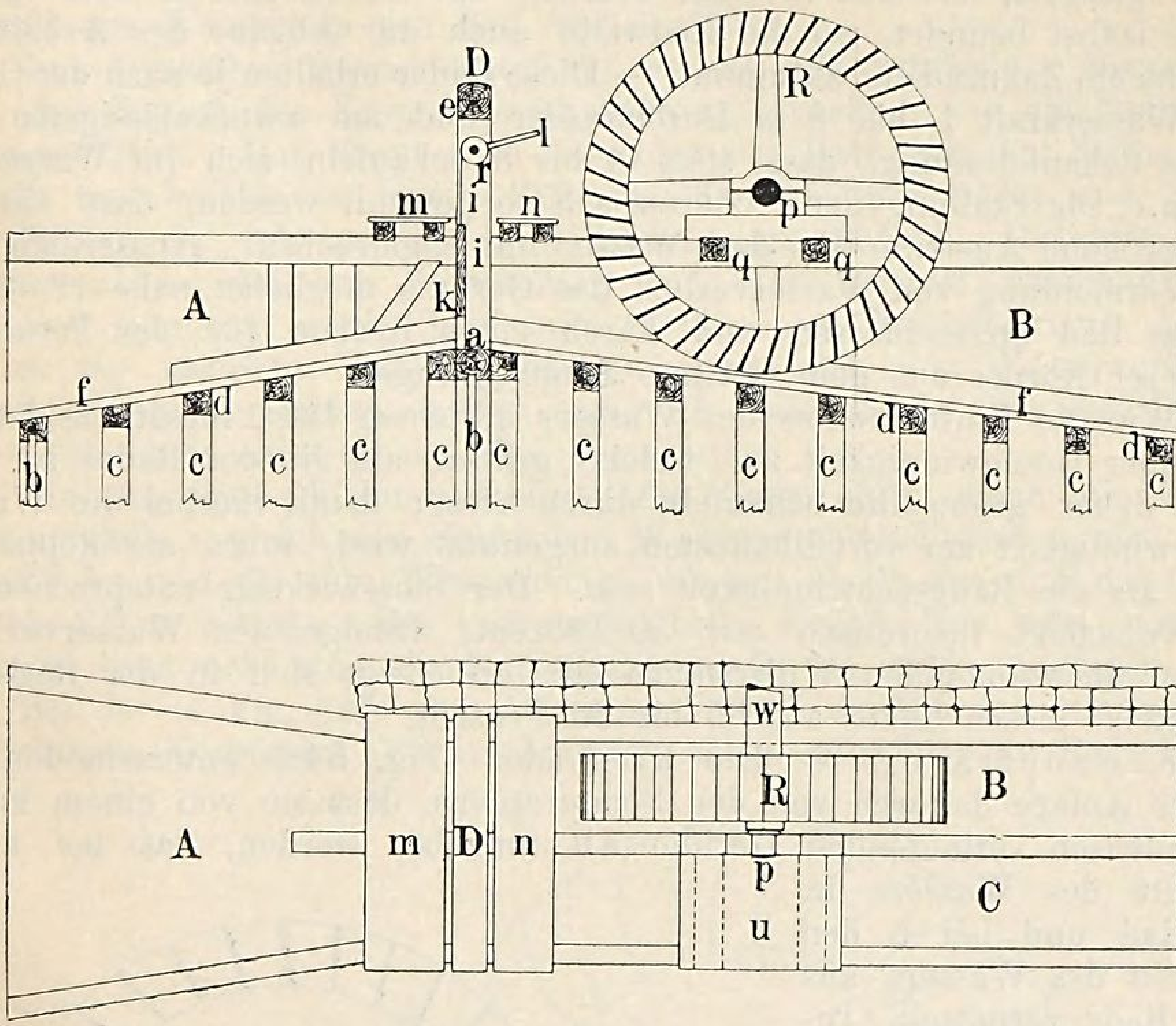


Fig. 547.

bildet zugleich ein Wehr und ist aus Holz ausgeführt. Als Fundament desselben dienen die eingerammten Pfähle c,c,c, (Grundpfähle), welche durch horizontale Grundbalken dd verbunden und durch zwei Spundwände bb gegen Auswaschungen geschützt sind. Am höchsten Punkte liegt über der Spundwand der Hauptfachbaum a, welcher das Grieswerk D trägt, während der Gerinnboden die Bedielung ff und die von starken Bohlen ausgeführten Gerinnwände aufnimmt. Das Grieswerk steht mit den zwei oder drei Griessäulen i auf dem Hauptfachbaum a und ist durch den Stirnbaum oder Holm e zu einem Rahmen abgeschlossen, innerhalb dessen, an den Griessäulen geführt, sich zwei Schützen k, einer für das Radgerinne und einer für das Freigerinne befinden. Die Schützen hängen an Ketten, welche sich um einen Baum r schlingen, der mit Drehzapfen in die Griessäulen eingelegt und mittelst eines eingesteckten Hebelarmes l zu drehen ist. Wird dann z. B. der Schützen vor dem Freigerinne gezogen und der Schützen vor dem Radgerinne ganz heruntergelassen, so bleibt dieses wasserleer. Um bequem und schnell zu den einzelnen Teilen der Anlage gelangen zu können, sind bei m, n und u Stege oder Brücken angebracht.

Das Wasserrad R besteht aus dem Schaufelkranz, den Armen und der Welle, in welcher die Arme verzapft sind. Die Welle ruht bei p mit einem eisernen Zapfen (S. 25) in dem Angewelle p, das auf den Streck-

hölzern qq aufgebolzt wird, die über dem Freigerinne liegen. Das andere Wellenende w wird gewöhnlich mit einem Halszapfen in einem einfachen Lager gelagert, das sich in einer Öffnung der Gebäudemauer oder im Gebäude selbst befindet, wo die Radwelle auch zur Abgabe des Arbeitsvermögens ein Zahnrad etc. aufnimmt. — Diese Räder erhalten je nach der Grösse der Wasserkraft 4 bis 8 *m* Durchmesser und am zweckmässigsten eine solche Schaufelteilung, dass stets 4 bis 8 Schaufeln sich im Wasser befinden. Die Stellung der letzteren soll so gewählt werden, dass sie kein Wasser beim Austritte aus dem Wasser mit emporheben. Ausserdem wird zur Vermeidung von Wasserverlust das Gerinne möglichst nahe (2 - 4 *cm*) an das Rad angeschlossen und durch einen Rechen für das Fernhalten grösserer Körper aus dem Gerinne Sorge getragen.

Wie die Eintrittsweise des Wassers erkennen lässt, fliesst das letztere mit einer Geschwindigkeit zu, welche grösser als die des Rades ist, und wirkt daher gegen die Schaufeln durch Stoss; damit hierbei die Wassergeschwindigkeit am vorteilhaftesten ausgenutzt wird, muss sie doppelt so gross als die Radgeschwindigkeit sein. Der Stosswirkung entsprechend ist der Nutzeffekt theoretisch nur 50 Prozent. Infolge des Wasserverlustes der zu überwindenden Widerstände etc. erniedrigt sich in der Regel der Nutzeffekt dieser Räder auf 35 bis 30 Prozent.

b. Kropfräder. — Die Kropfräder (Fig. 548) unterscheiden sich in der Anlage dadurch von den Schnurrädern, dass sie von einem kurzen konzentrisch verlaufenden Gerinne ab umgeben werden, das bei a den Eintritt des Wassers in das Rad und bei b den Austritt des Wassers aus dem Rade vermittelt. Infolgedessen bleibt das Wasser zwischen a und b (wasserhaltender Bogen) zwischen den Schaufeln, bewegt sich, zum Rade in relativer Ruhe, mit demselben, um es bei b an der tiefsten Stelle möglichst schnell zu verlassen, weshalb der Kropf auch bei b plötzlich vertikal abfällt. Demgemäss wirkt das zwischen den Schaufeln eingeschlossene Wasser durch sein Gewicht (Druck gegen die Schaufeln). Stehen die Schaufeln radial, so gelangt das Wasser bei a mit Stoss in das Rad. Vor dem Schützen S staut sich das Wasser auf und gewinnt dadurch an Geschwindigkeitshöhe (gewissermaassen an Spannung, weshalb diese Schützen sowohl Durchlass- als Spannschützen genannt werden).

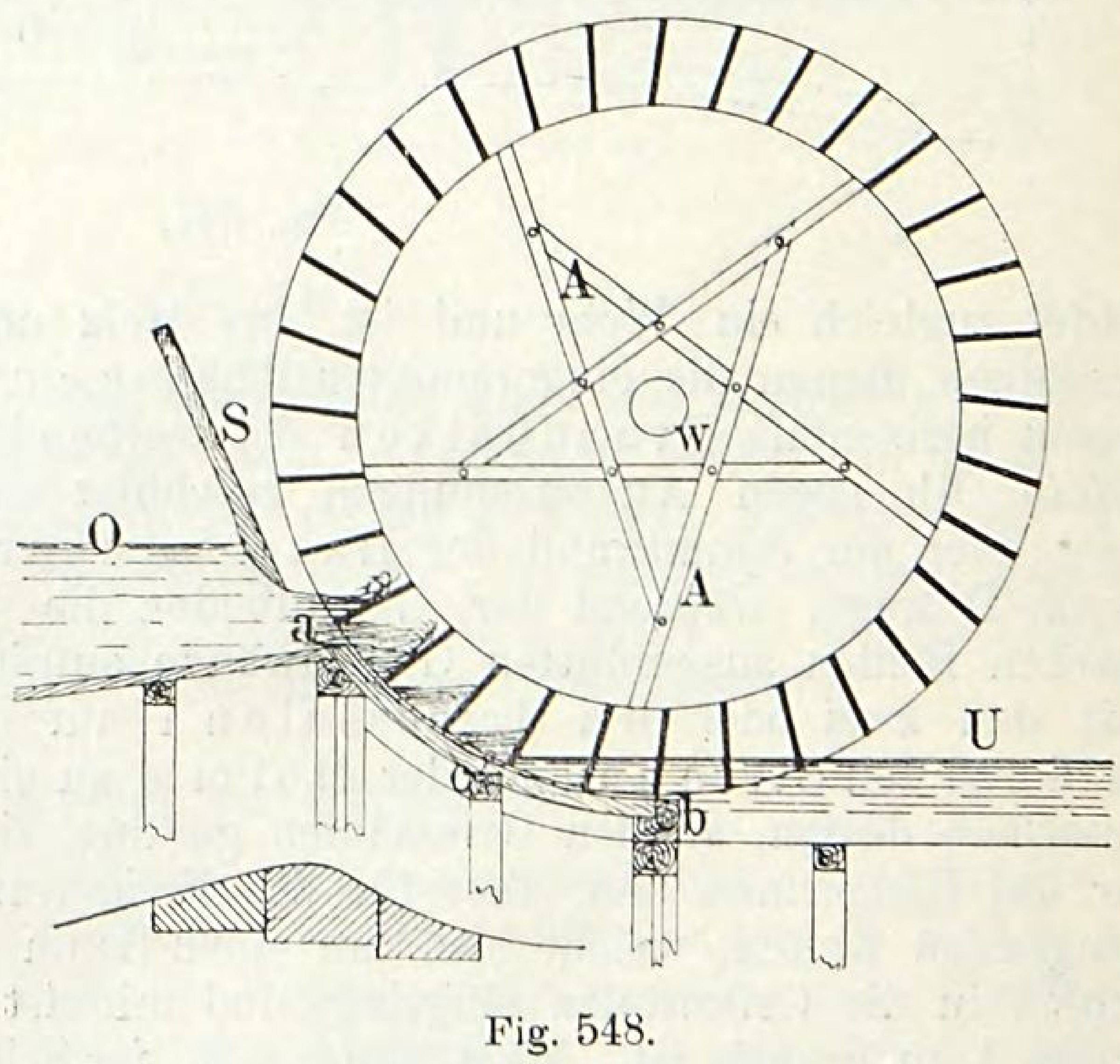


Fig. 548.

Man giebt dem Schützen eine Neigung gegen den Horizont von 60°, nach der Wasserseite eine Abrundung und durch die Verbindung mit Zahn-

stangen und Trieb eine Beweglichkeit zum Zwecke der Wasserregulirung. Durch diese Stellung und Form des Schützen wird ein tangentialer und demgemäss, infolge einer Herabminderung der Stosswirkung, günstigerer Eintritt des Wassers in das Rad herbeigeführt.

Aus demselben Grunde empfiehlt es sich die Schwelle a abzurunden oder den Beginn des Kropfes parabolisch zu gestalten, wie die Nebenfigur erkennen lässt. Der Kropf wird entweder aus Holz oder aus Steinen hergestellt und besteht im ersten Fall aus Kropfschwellen a, c, b, aus Kropfbalken a c, c b und der Bedielung aus Bohlen. Die letztere ist so anzuordnen, dass zur Vermeidung von Wasserverlust zwischen Kropf und Rad möglichst wenig Spielraum (2 bis 4 *cm* bei hölzernen, 1,5 bis 2,5 *cm* bei eisernen Rädern) entsteht. Um auch den Wasserverlust an den Seiten zu vermeiden, bringt man noch Seitenwände (Wasserbänke) an, welche sehr nahe an das Rad herantreten.

Die günstigste Wirkung dieses Rades findet statt, wenn die Radgeschwindigkeit v gleich der Häfte der Wassergeschwindigkeit c also wenn $c = 2v$ ist und die sek. Wassermenge weniger als 3 *cbm* und das Gefälle 0,5 bis 2,0 *m* beträgt. Bei gut ausgeführten Kropfrädern mit Durchlassschützen lässt sich dann ein Nutzeffekt von 40 bis 50% annehmen.

Bei der in Fig. 549 vor Augen geführten Ausführung eines unterschlächtigen Kropfrades (Ponceletrad) haben zunächst die Radschaufeln

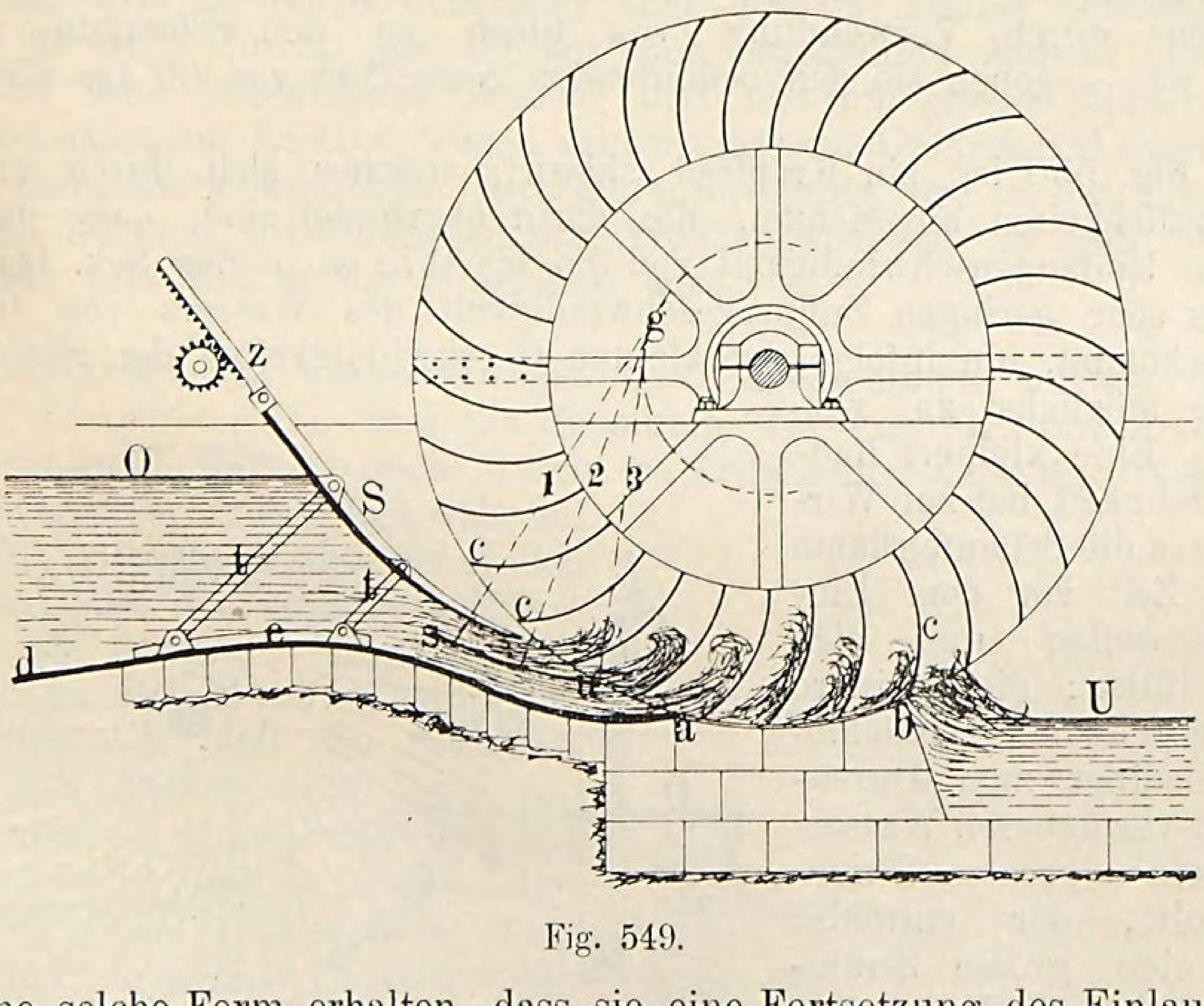


Fig. 549.

c, c eine solche Form erhalten, dass sie eine Fortsetzung des Einlaufbodens d e a ohne plötzliche Richtungänderung bilden und daher die Aufnahme des Wassers ohne Stoss bewirken. Zugleich ist die Kranzbreite so bemessen ($^1/_4$ bis $^1/_3$ des Raddurchmessers), dass das einfliessende Wasser nicht über den inneren Rand der Schaufel hinwegströmen kann. Infolgedessen steigt das Wasser an der Schaufel in die Höhe unter Abgabe seiner lebendigen Kraft also unter Verminderung seiner Geschwindigkeit, bis es

im Rade zur relativen Ruhe kommt. Sodann gewinnt es unter dem Einflusse der Schwerkraft im Rade wieder an Geschwindigkeit, so dass seine Austrittgeschwindigkeit seiner Eintrittgeschwindigkeit wieder gleich wird, während es zugleich im Rade durch sein Gewicht wirkt. Demgemäss setzt sich die nützliche Wirkung zusammen aus derjenigen des Druckes und derjenigen der Geschwindigkeitsabgabe (S. 486). Um beim Eintritte des Wassers in das Rad jede störende Nebenbewegung insbesondere durch Verschiebung einzelner Wasserschichten zu vermeiden, formt man den Einlauf nach einer Evolvente eines Grundkreises g, dessen Mittelpunkt mit der Radmitte zusammenfällt, während die Erzeugende in allen Lagen 1, 2, 3 etc. rechtwinklig auf dem Wasserstrahl s u steht.

Der Schützen S des Ponceletrades ist aus den oben erwähnten Gründen ebenfalls unten abgerundet, sowie unter 45 bis 60° gegen den Horizont geneigt und durch Zahnstange z mit Trieb verstellbar. Damit derselbe bei seiner Verstellung stets eine vorteilhafte obere Wasserbegrenzung hervorruft, ist er nicht in Führungen sondern an Gelenken t t befestigt (Schwimmschützen).

Die vorteilhafteste Verwendung finden die Ponceleträder bei Gefällen bis höchstens 2 *m* gewöhnlich 0,5 bis 1,5 *m* und 0,15 bis 5,0 *cbm* Wasser in der Sek. Sie erhalten dann etwa 3 bis 6 *m* Durchmesser, 32 bis 48 Schaufeln und einen möglichst dicht anschliessenden Kropf aus Stein. Bei guter Ausführung — die nur durch Herstellung ganz aus Eisen oder wenigstens durch Verwendung von Blech zu den Schaufeln zu erreichen ist — geben sie den bedeutenden Nutzeffekt von 60 bis 65%.

In Fig. 550 ist ein Kropfrad skizzirt, welches sich durch mehrere Eigentümlichkeiten auszeichnet, die darin begründet sind, dass das Rad nur eine Umfanggeschwindigkeit von 0,6 bis 0,75 *m* in der Sek. bei einer ebenfalls sehr geringen Zuflussgeschwindigkeit des Wassers von 0,7 bis 0,8 *m* bekommt, um infolge der kleinen Geschwindigkeiten den Stoss beim Eintritte möglichst zu vermindern. Eine kleinere Radgeschwindigkeit hat zur Wirkung, dass die Schaufelräume längere Zeit vor dem Einlauf verweilen und sich stärker füllen; die kleinere Wassergeschwindigkeit dahingegen bedingt zum Durchfluss der verfügbaren Wassermenge einen grossen Strahlquerschnitt, der entweder durch eine grosse Strahl- beziehungsweise Rad-Breite oder eine grosse Strahldicke zu beschaffen ist. Bei dem Rade Fig. 550 wird das Wasser aus dem Zuflussgraben O über einen Schützen S hinweg in einer bedeutenden Dicke d in das Rad geführt. Damit dieses bei seiner geringen Geschwindigkeit und Breite die entsprechend grosse Wassermenge

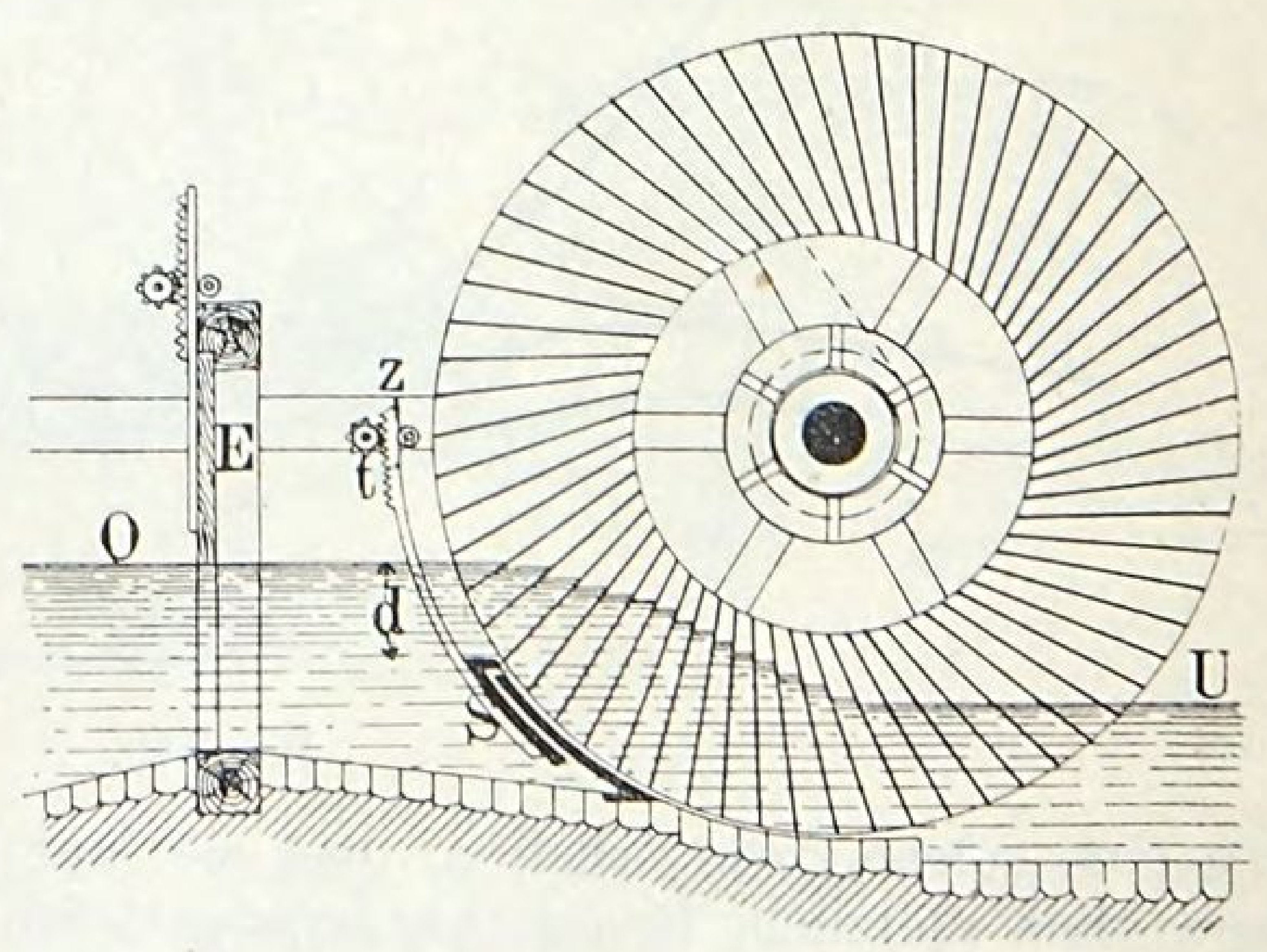


Fig. 550.

aufzunehmen vermag, hat der Erbauer (Sagebien), demselbon eine sehr grosse Kranzbreite (gleich 1/2 bis 2/3 des Radhalbmessers) und den gradflächigen Schaufeln eine solche steile Stellung, tangential an einem Kreis vom Halbmesser r = 1/8 bis 1/5 des Radhalbmessers, gegeben, dass das einströmende Wasser nicht über den inneren Schaufelrand überfliesst. Das Wasser sinkt mit dem Rade bis zum Abflusskanal U, durch den Kropf am Entweichen verhindert, und übt dabei auf die Schaufeln längs eines verhältnissmässig grossen Teils des Gesammtgefälles einen Druck, also eine sehr günstige Wirkung aus, so dass der Nutzeffekt zu 66 bis 75% angenommen werden kann.

Die Regulirung des Wasserzuflusses erfolgt durch einen Überfallschützen S, der einen Cylindermantelstreifen mit einer Zunge bildet, und mittels Zahnstangen z und Triebräder t, je nach dem Wasserstande höher oder tiefer gestellt werden kann, so dass Strahldicke und Gefälle gleichmässig zu erhalten ist. Der im Zuflusskanal angebrachte Schützen E, dient zum Abstellen des Wassers und ist deshalb während des Betriebes vollständig aufgezogen.

Das Sagebienrad findet hauptsächlich Anwendung bei sehr verschiedenen Gefällen (0,7 bis 2,5 *m*) und Wassermengen (0,6 bis 4,0 *cbm*), verlangt jedoch wegen der hohen Schaufeln grosse Durchmesser (6 bis 11 *m*) ausserdem zur Vermeidung von Wasserverlust kleine Räume zwischen den Schaufeln, also zahlreiche Schaufeln und deshalb kleine Schaufelteilung (25 bis 35 *cm*). Durch den hieraus sich ergebenden Aufbau erhält dasselbe ein sehr bedeutendes Gewicht und dadurch grosse Zapfenreibung. Auch beansprucht dasselbe wegen seiner geringen Umdrehzahl gewöhnlich grosse Zahnradübersetzungen zur Hervorbringung der in der Regel notwendigen höheren Umdrehzahlen der Arbeitsmaschinen, so dass der hohe Nutzeffekt zum Teil wieder eingebüsst wird.

Bemerkenswerte Verbesserungen des Sagebienrades wurden dadurch erreicht, (Zuppinger), dass die Schaufeln die aus Fig. 551 erkennbare Form erhalten. Man bezweckt durch die Krümmung, dass das Wasser am Überschlagen verhindert wird, während die radial verlaufenden äusseren Enden den Austritt des Wassers aus den Schaufelräumen wesentlich begünstigen. Dadurch ist es zugleich zulässig, den Raddurchmesser und die Schaufelzahl kleiner (Teilung = 30 bis 40 *cm*) zu nehmen, wodurch das Gewicht vermindert wird, und die Geschwindigkeit auf 1 *m* zu erhöhen, was allerdings den Nutzeffekt wieder vermindert, der aber bei guter Ausführung immerhin zu 65 bis 75% angenommen werden kann. Beachtenswert ist, dass diese sog. Niedergefälleräder oder Zuppingerräder sich besonders für kleine und mittlere Gefälle bei stark veränderlichem Unterwasserspiegel eignen.

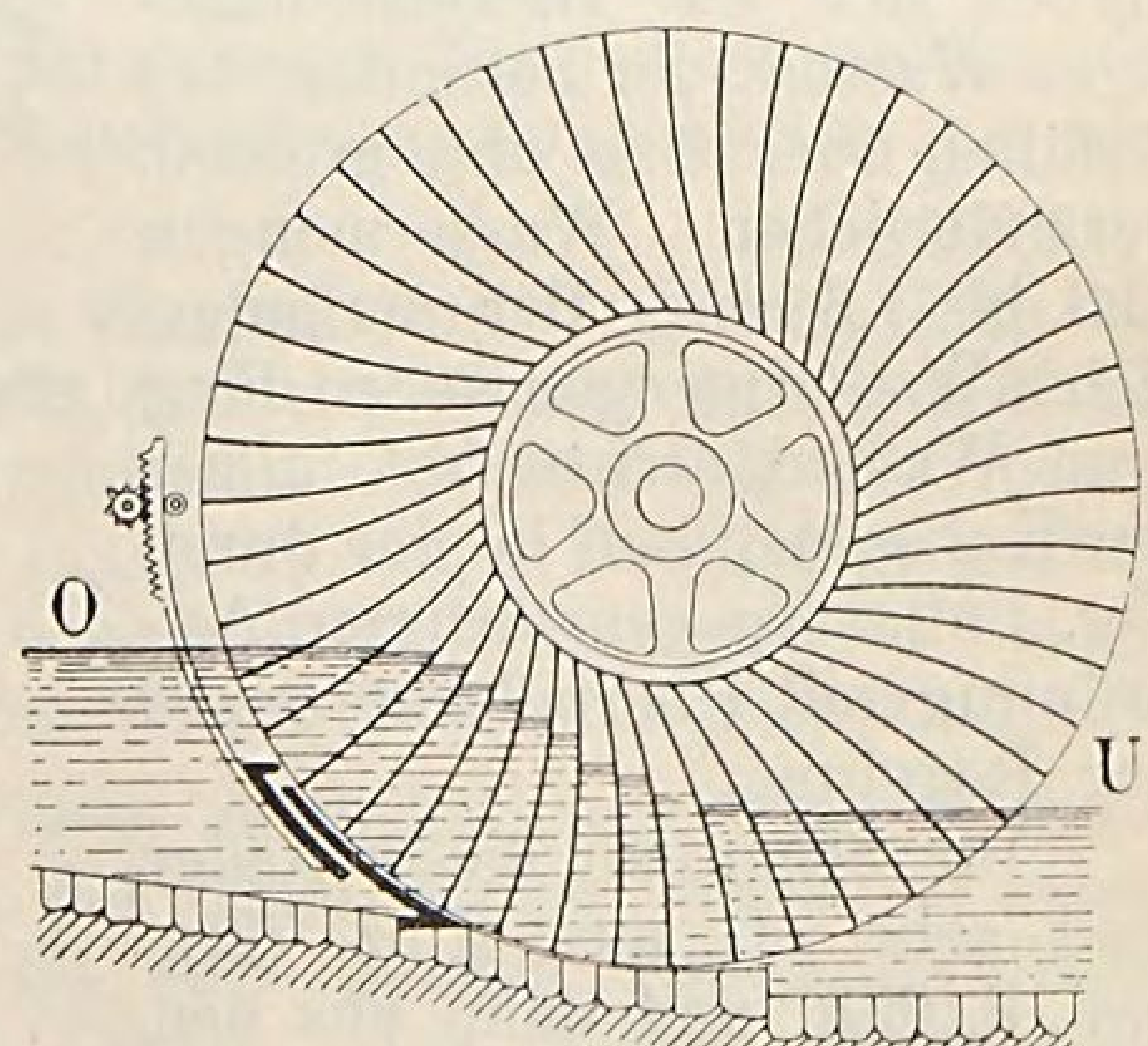


Fig. 551.

C. Mittelschlächtige Wasserräder.

Bei den mittelschlächtigen Wasserrädern tritt das Wasser in einer Höhe ein, welche nicht viel unter der Radmitte liegt, so dass es mit dem Rade eine beträchtliche Strecke sich abwärts bewegt, also hauptsächlich durch Gewicht wirkt. Man verwendet sie für Gefälle von 2,5 bis 4,5 *m* sowie für Wassermengen von 0,5 bis 2,0 *cbm* und wählt ihren Durchmesser von der Grösse, dass die Radachse etwa in die Höhe des Oberwasserspiegels zu liegen kommt, der Radhalbmesser etwa gleich dem Gefälle wird. Zur Gewinnung eines grossen wasserhaltenden Bogens umgiebt man diese Räder stets mit einem Kropf, weshalb sie auch vielfach zu den Kropfrädern gerechnet werden. Wie bei diesen bestehen die Kraftaufnehmer aus Schaufeln, die entweder eben und radial, oder radial mit schrägen Enden (gebrochen) oder gebogen sind und zwar wie bei den Kropfrädern in der Weise, dass das Wasser ohne Stoss eintritt und das Rad in günstiger Richtung verlässt.

Den Eintritt in das Rad vermittelt stets ein Schützen und zwar entweder ohne Teilung oder mit Teilung des Strahles.

Bei dem Eintritte ohne Teilung des Strahles strömt das Wasser unter einem Spannschützen oder über einen Überfallschützen wie bei den Kropfrädern ein. Sind die Wassermengen gross und veränderlich, so werden Kulissenschützen vorgezogen.

D. Rückenschlächtige Wasserräder.

Das Eigentümliche der rückenschlächtigen Wasserräder ist die Wassereintrittsstelle, welche zwischen der Radmitte und dem Scheitel (Rücken) gewählt wird, in Verbindung mit einem Kropf, der bis zur Eintrittstelle hinaufreicht. Mittels dieses Kropfes gewinnt das Wasserrad einen sehr grossen wasserhaltenden Bogen und die Fähigkeit die Wasserkraft vornehmlich durch Druck zur Wirkung zu bringen, so dass diese Räder einen Nuteffekt von 60 bis 70 Prozent geben.

Ihrer Eigenart entsprechend eignen sich die rückenschlächtigen Wasserräder besonders bei Gefällen über 3 *m* und grossen, veränderlichen Wassermengen (0,3 bis 1,3 *cbm*). Der veränderlichen Wassermengen wegen dient zum Wassereintritte fast immer der Kulisseneinlauf in der durch Fig. 552 vergegenwärtigten Anordnung mit Überfallschützen S zur Regelung.

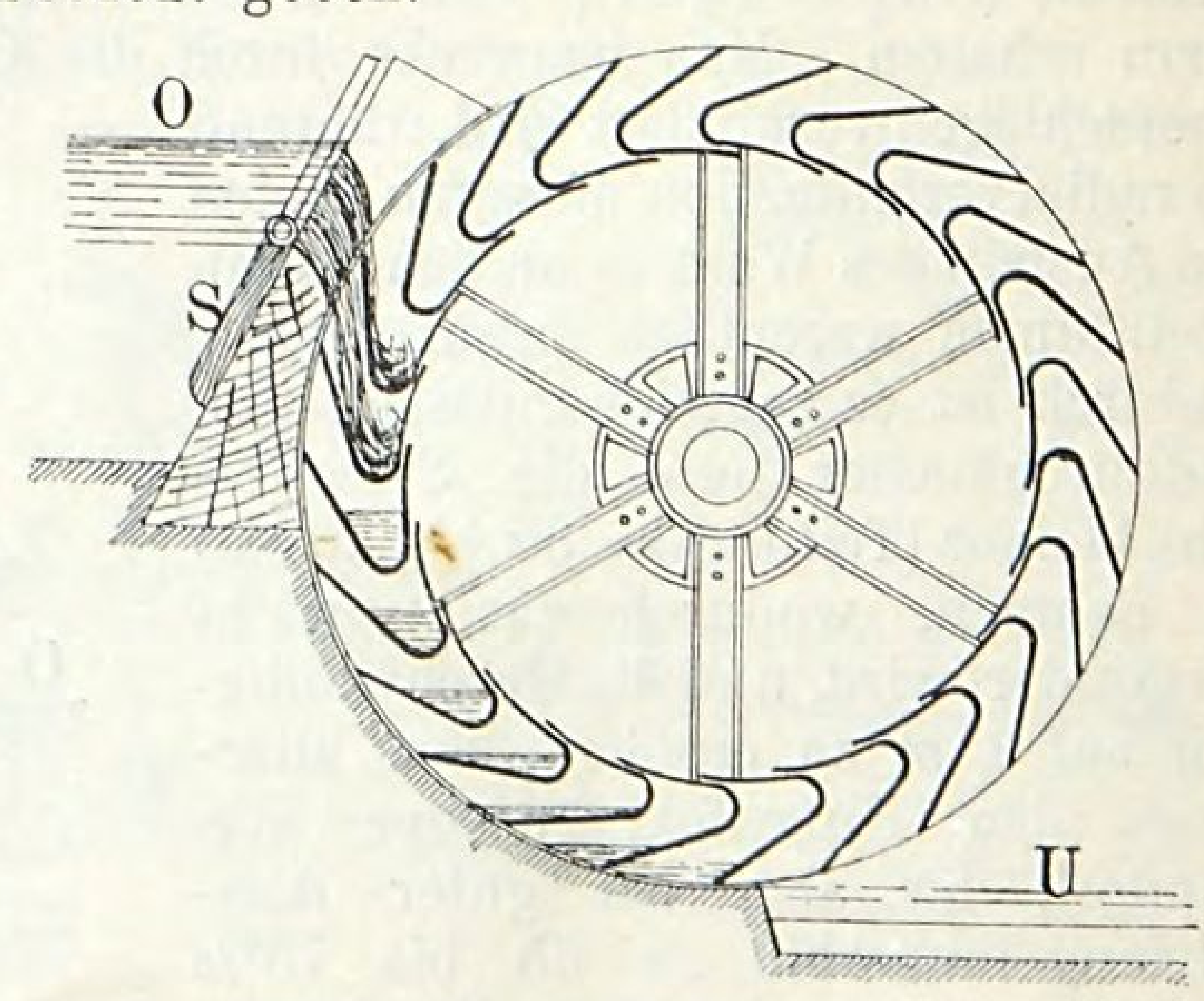


Fig. 552.

Die Schaufeln dieser Räder sind sehr oft aus Holz (Fig. 553, S. 663) und dann aus den 3 Teilen ab, bc und cd gebildet, wovon dc tangential, cb radial und ab in der Weise verläuft, dass der Umfangspunkt a in die Verlängerung der nächsten Radialschaufel fällt. Man nennt ab die Stossschaufel, bc die Riegelschaufel und cd

die Bodenschaufel. Zur Vermeidung von Wasserverlust sind die Seitenöffnungen der Schaufelräume durch den Radkranz (Seitengetäfel) geschlossen, so dass vollständige Gefässe (Zellen) entstehen, die sich unter Drehung des Rades vor dem Einlauf mit Wasser füllen. Hierbei ist es notwendig der in den Zellen vorhandenen Luft zur Vermeidung störender Einflüsse einen Ausweg zu verschaffen, indem man an der oberen Kante d der Bodenschaufel einen Schlitz lässt, durch den die Luft beim Eintritte des Wassers entweicht. Die Stosschaufeln a b sind, um Stossverlusten vorzubeugen, an den Kanten abzuschrägen.

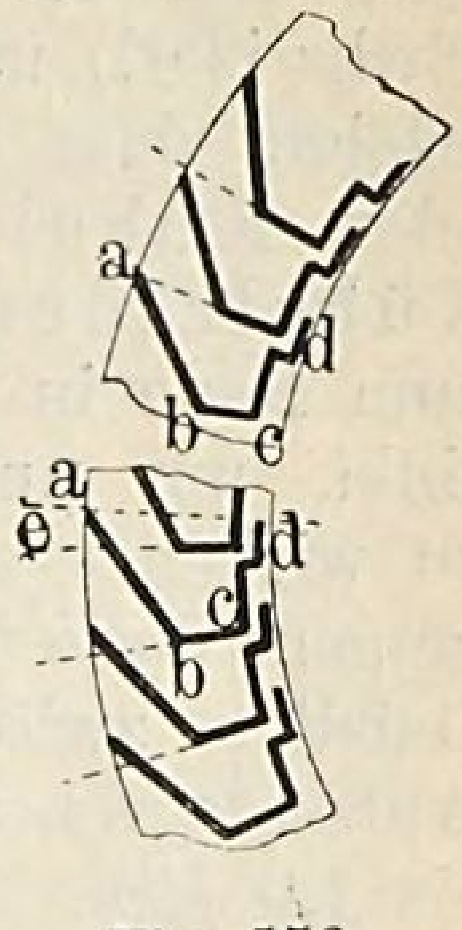


Fig. 553.

Infolge des durch die Kante b gebildeten Winkels entsteht eine erhebliche plötzliche Richtungsänderung des Wasserstromes und damit ein Wirkungsverlust, weshalb es zweckmässiger ist die Schaufeln aus Blech herzustellen und (Fig. 554) so zu biegen, dass nicht nur die Bewegung in den Zellen, sondern auch der Eintritt in dieselben möglichst ohne Störung vor sich geht. — Die Schaufelkante a besitzt die Umfangsgeschwindigkeit v des Rades. Über die Kulisse i a läuft das Wasser mit einer Geschwindigkeit c ein, welche von der Wasserhöhe a O = h abhängt und durchschnittlich den Wert $c = 0{,}85 \sqrt{2 g h}$ hat. Es sei nun a s die Richtung des äusseren Schaufelendes, a t die Richtung und Grösse der Radgeschwindigkeit v. Legt man dann durch t eine Parallele t u zu a s und bildet ein Parallelogramm a t u s, dessen Diagonale a u gleich der Wassergeschwindigkeit c ist, so giebt diese Diagonale a u zugleich die erforderliche Richtung des Wassers und damit des äusseren Teiles der Kulisse a i an. Wäre die Kulisse eine ebene Fläche, so würde sie die Lage a z bekommen. Zweckmässiger krümmt man sie jedoch nach einem Kreisbogen a i, der sich bei a an u z tangential anschliesst, dessen Halbmesser a p also bei a rechtwinklig auf u z steht. Wegen der verschiedenen Höhenlagen der einzelnen Kulissen ist naturgemäss für jede derselben die Grösse c = a u eine andere und die beschriebene Konstruktion einzeln durchzuführen.

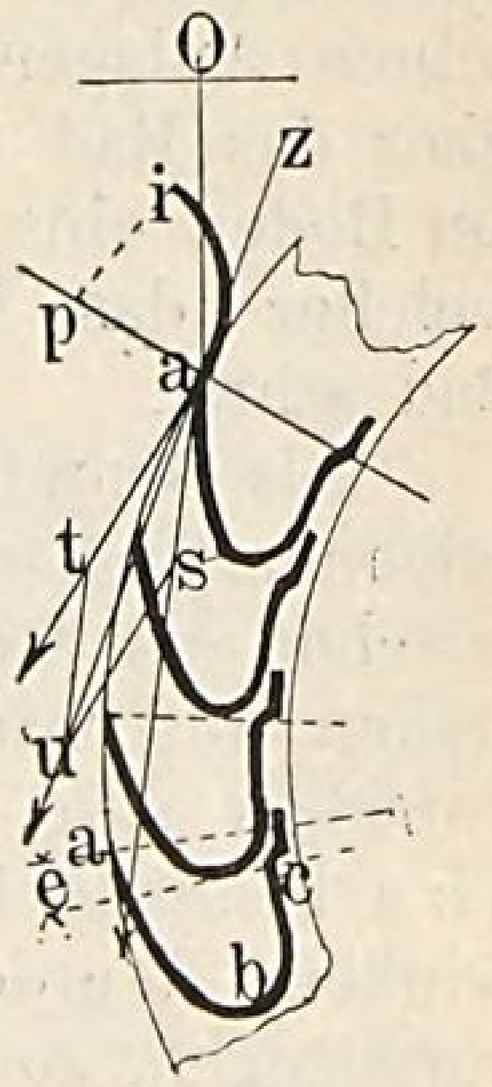


Fig. 554.

Die Höhenlage der Eintrittstelle des Wassers und damit die Höhe des Rades selbst wird gewöhnlich so gewählt, dass das Wasser durchschnittlich mit 3 *m* Geschwindigkeit eintritt, während das Rad etwa 1,5 *m* Umfanggeschwindigkeit erhält. Das Unterwasser U fällt in seiner Bewegungsrichtung mit der Drehrichtung des Rades zusammen und steht mit seinem Spiegel bis an die untere Randkante, so dass kein Waten im Unterwasser stattfindet.

Damit das in das Rad fliessende Wasser möglichst günstig zur Wirkung gelangt, ist ferner bei der Bestimmung der Schaufelform darauf zu sehen, dass die Zellen sich gut füllen und bis zum tiefsten Stande gefüllt erhalten, damit der Wasserauslauf spät erfolgt. Aus diesem Grunde erhalten die Schaufeln nicht nur eine Sackform (Fig. 553 u. 554) sondern sehr oft eine sog. Überdeckung, indem die Vorderkante a um $e = {}^1/_5$ bis ${}^1/_4$ der Teilung t vorrückt.

E. Oberschlächtige Wasserräder.

Die oberschlächtigen Wasserräder (Fig. 555) zeichnen sich dadurch aus, dass der Eintritt des Wassers an der höchsten Stelle A des Rades (S c h e i t e l) und zwar in der Weise erfolgt, dass das Wasser Z e l l e n oder K ü b e l füllt (Z e l l e n r ä d e r, K ü b e l r ä d e r) und mit diesen, also zum Rade in relativer Ruhe, niedersinkt, um nur durch sein Gewicht zu wirken. — Zur Anwendung gelangen diese Räder gewöhnlich bei Gefällen zwischen 4 bis 12 *m* und Aufschlagwassermengen zwischen 0,1 bis 1,0 *cbm*.

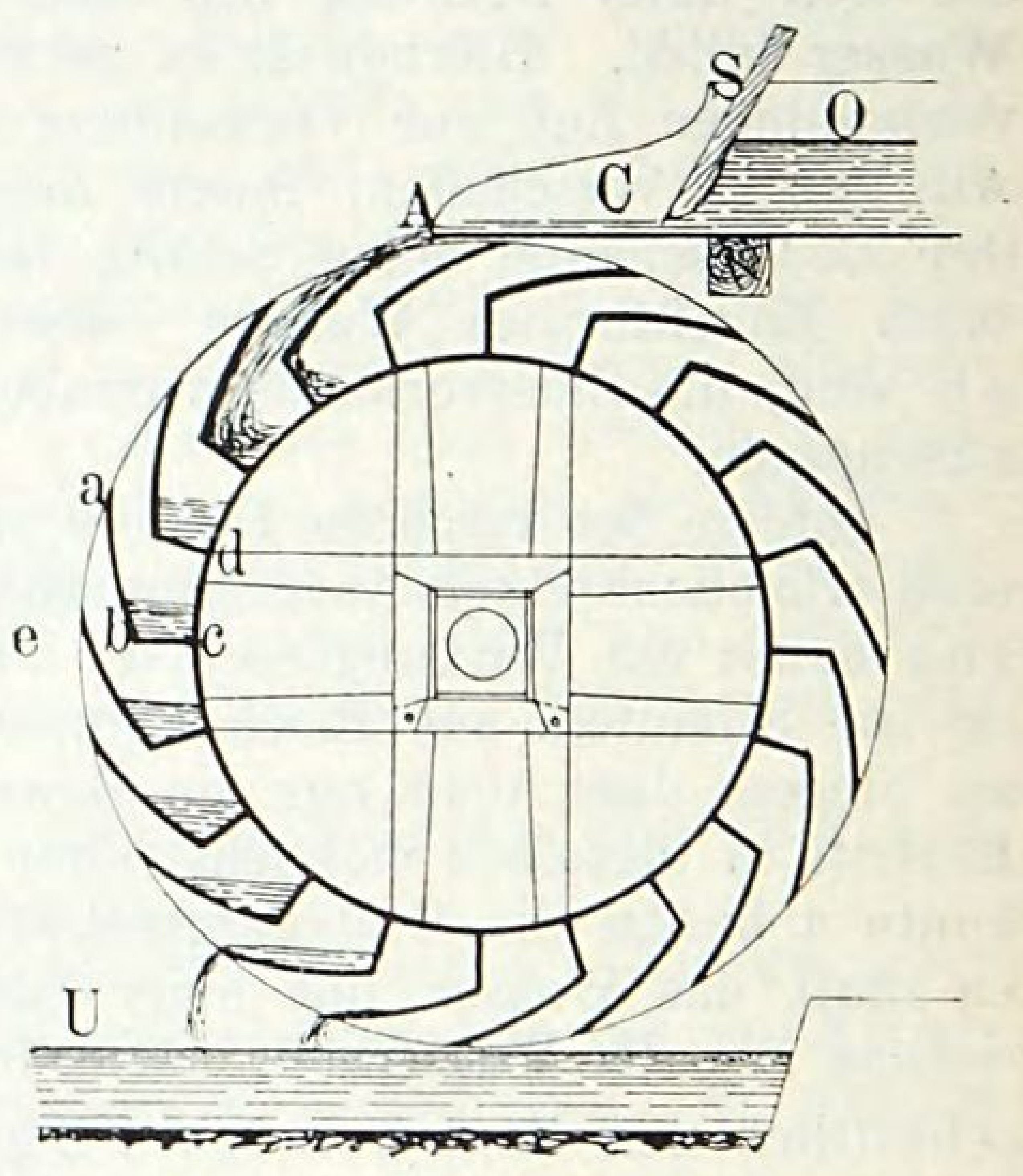


Fig. 555.

Die Zuführung des Wassers findet durch einen Kanal C statt, der unmittelbar über dem Scheitel liegt und zur Regulirung in der Regel einen Spannschützen S erhält. Bei einzelnen Anlagen läuft der Kanal C über das Rad hinweg und bekommt am Boden eine einfache Öffnung, aus welcher das Wasser frei auf das Rad stürzt.

Als Grundform der gebräuchlichsten Zellen kann die in Fig. 556 oben gezeichnete gelten. Sie wird durch ebenflächige Schaufeln aus Holz gebildet welche aus Stosschaufel a b, Riegelschaufel b c und Bodenschaufel c d bestehen und zwar vielfach mit Deckung versehen sind. (S. 663). Der Winkel c b a heisst der Deckungs- oder Dockungswinkel. Werden Schaufeln aus Eisen vorgezogen, so erhalten dieselben keine geknickte, sondern eine solche Gestalt (Fig. 556) dass Stoss-, Riegel- und Bodenschaufel allmählich in einander übergehen oder dass die Riegelschaufel sich unter 45° gegen die Bodenschaufel neigt. Mitunter giebt man den Schaufeln eine solche Gestalt, dass die Zellen vollständige Kübel bilden.

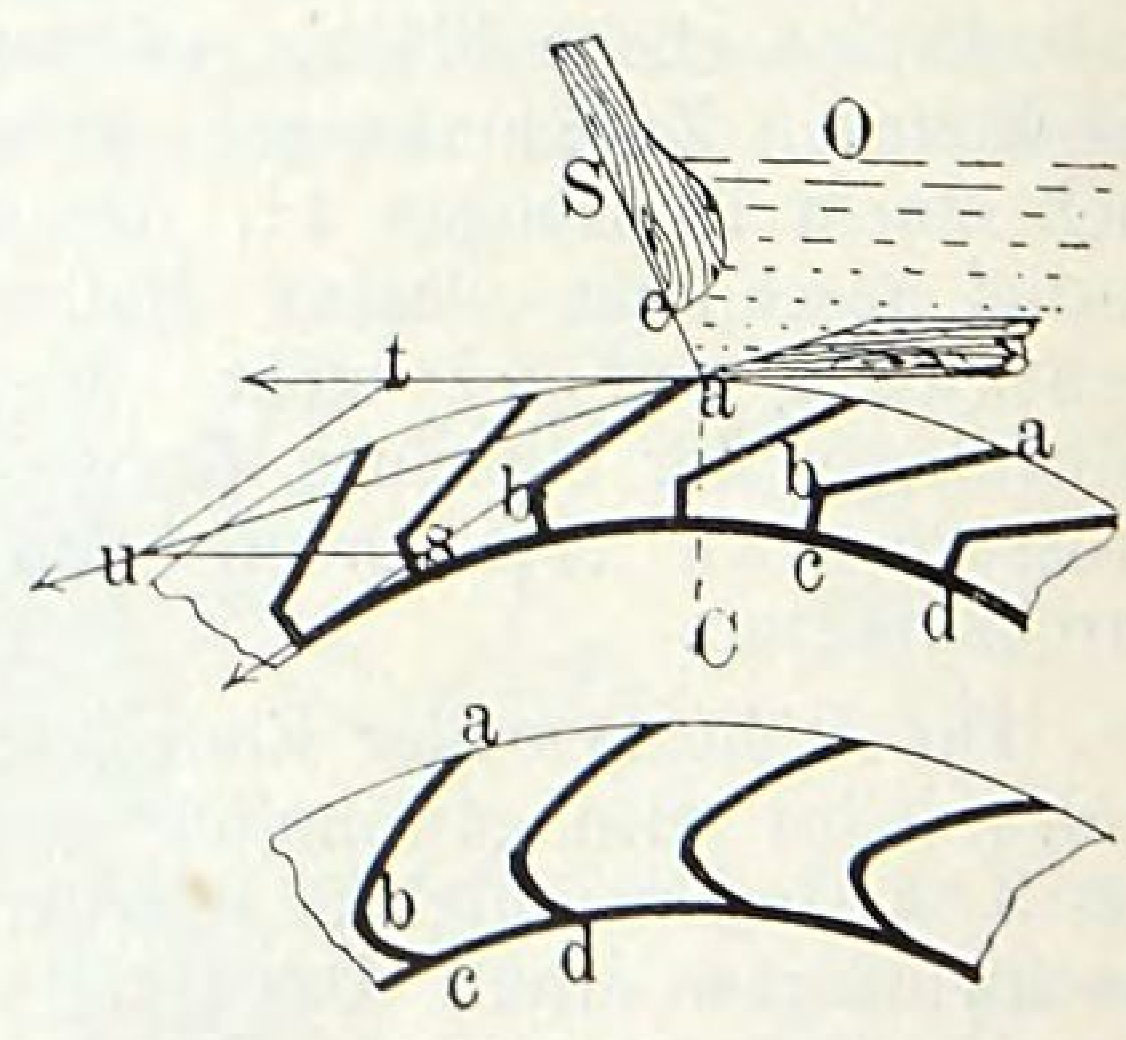


Fig. 556.

Um das Wasser ohne Stoss in das Rad eintreten zu lassen, ist zunächst der äussere Schaufelrand keilförmig anzuordnen damit wenig Stossfläche vorhanden ist, und ausserdem der Einlauf vermittelst des Schützen S so zu leiten, dass die Richtung des Wasserstrahles mit der Richtung der Stosschaufel zusammenfällt. Deshalb erhält die untere Schützenkante e eine entsprechende Abrundung und der Gerinnboden C eine Senkung. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass die oberschlächtigen Wasserräder keine Ventilation erhalten und daher auf andere Weise für die Entweichung der Luft aus den Zellen gesorgt werden muss. In der Regel wird zu diesem

Zwecke die Weite der Zellenmündung (Schluckweite) erheblich nämlich um das 1,5 bis 2,0fache grösser angeordnet als die Strahldicke. Bei dieser Schluckweite wird während des Wassereintrittes die Luft längs der Schaufelflächen zuerst oberhalb, dann oberhalb und unterhalb des Wasserstrahles die Zellen verlassen, wenn die Schaufel sich unter einem kleinen Winkel gegen die Radtangente geneigt hat. Im anderen Fall wird die Luft nur dann nicht eingeschlossen, wenn die Strahlbreite kleiner als die innere Radbreite ist, weil dabei das Wasser die Luft an beiden Zellenenden aus den Zellen verdrängt.

Wichtige Bedingungen für eine gute Ausnutzung der Wasserkraft bei Anwendung oberschlächtiger Wasserräder ist ferner ein möglichst grosser Wasserbogen und die passende Umdrehzahl oder Radgeschwindigkeit. Deshalb muss die Schaufelform eine solche sein, dass der Ausguss des Wassers so spät als möglich erfolgt (Überdeckung). Die Umfangsgeschwindigkeit dieser Räder beträgt je nach der Höhe derselben etwa 0,75 bis 3,0 *m* und steht in einer gewissen Abhängigkeit zu der Wassergeschwindigkeit insofern diese stets in einem gewissen Verhältnisse grösser sein muss. Gewöhnlich geht man von der Voraussetzung aus, dass die Wassergeschwindigkeit doppelt so gross ist, als die Radgeschwindigkeit.

II. Turbinen.

Der S. 652 gegebenen Erklärung gemäss versteht man unter Turbinen solche Wasserräder, bei welchen das Wasser dadurch zur Abgabe seines Arbeitsvermögens gezwungen wird, dass man es veranlasst, sich längs der Radschaufeln zu bewegen und dabei seine lebendige Kraft in Arbeit umzusetzen, die auf das Rad übergeht, indem die bei den gewöhnlichen Wasserrädern absichtlich herbeigeführte Gewichtwirkung bei den Turbinen nicht bezweckt wird und nebensächlich ist.

Zur Erfüllung dieser Bedingung ist im Allgemeinen erforderlich, dass das Aufschlagwasser durch den Kranz des Rades hindurchfliesst, also an einer Seite des Kranzes ein- und an der anderen ausströmt, weil zur Herbeiführung der erklärten Wirkung der Strom nicht abgerissen d. h. dem Rade portionenweise übergeben werden kann, sondern mit dem Wasservorrath im Zusammenhange bleiben muss. Aus diesem Grunde bilden die Räume zwischen den Schaufeln auch keine Behälter zum zeitweiligen Aufnehmen des Wassers, sondern Durchgangsräume also Kanäle zum stetigen Durchfliessen (Turbinenkanäle), welche selbstverständlich an den Ein- und Ausflusstellen offen, im übrigen aber, mit seltenen Ausnahmen von vier Wänden eingeschlossen sind.

Ihrer Hauptrichtung nach verlaufen diese Kanäle in Bezug auf die Lage der Radachse entweder achsial oder radial, so dass das Wasser den Radkranz ebenfalls in achsialer oder radialer Richtung durchströmt. Demgemäss teilt man die Turbinen ein in die zwei Gruppen der Achsialturbinen und der Radialturbinen. — Bei den Turbinen beider Gruppen kann ferner die Durchströmung in zweierlei Richtungen stattfinden z. B. bei den Achsialturbinen mit stehender Welle von oben nach unten oder umgekehrt und bei Radialturbinen von innen nach aussen oder umge-

kehrt (obere, untere, innere und äussere Beaufschlagung; oben-, unten-, innen- und aussenschlächtig). — Die verschiedene Anordnung der Kanäle hat ausserdem zur Folge, dass die Ein- und Austrittsöffnungen bei den Achsialturbinen in zwei parallelen Ebenen, bei den Radialturbinen dahingegen in zwei konzentrischen Cylinderflächen liegen.

Bezüglich der Aufstellung der Turbinen ist zu bemerken, dass in den weitaus häufigsten Fällen die Turbinenwelle vertikal angeordnet wird, weshalb man vielfach die Turbinen wegen der durch diese Aufstellung bedingten horizontalen Lage der Räder auch horizontale Wasserräder nennt. Da man jedoch mitunter der horizontalen Lagerung der Turbinenwelle den Vorzug giebt, so ist diese Benennung hinfällig. — Bei den Turbinen mit horizontalen Wellen ist dahingegen die Möglichkeit geboten, zwei Turbinenräder auf einer Welle anzubringen (Doppelturbinen), um unter Umständen eine vollständige Entlastung der Zapfen eintreten zu lassen, indem man das Wasser von entgegengesetzter Seite in die zwei gleichen Turbinen (Achsialturbinen) einführt.

Ist die Einrichtung getroffen, dass das Wasser gleichzeitig die sämtlichen Kanäle durchläuft (volle Beaufschlagung) so heisst die Turbine eine Vollturbine. Fliesst das Wasser dahingegen gleichzeitig nur durch einen Teil der Kanäle (Teilbeaufschlagung, partielle Beaufschlagung) so bezeichnet man die Turbine als Teilturbine, Partialturbine. — Stattet man eine Vollturbine mit einer Vorrichtung aus, welche es ermöglicht, den Wasserdurchfluss nach Bedürfnis auf einen beliebigen Teil des Rades zu beschränken, so lässt sich vorübergehend eine Vollturbine in eine Teilturbine verwandeln. — Zur Vermeidung einseitiger Achsendrücke werden bei Teilturbinen mit vertikaler Achse in der Regel zwei einander im Durchmesser gegenüberliegende Radsektoren beaufschlagt (Doppelbeaufschlagung).

Zum Zwecke der Wasserzuführung bedient man sich bei kleinen Gefällen am häufigsten besonderer Räume, welche am Ende des Werkkanales aufgebaut und für die Aufnahme der Turbinen eingerichtet sind und Turbinenkammern genannt werden. Diese Kammern sind gewöhnlich oben offen d. h. nur mit einem Fussboden bedeckt und bis zum Oberwasserspiegel mit Wasser gefüllt, das in dieser Höhe über der Turbine steht und letztere unausgesetzt durchströmt. Da bei grösseren Gefällen begreiflicher Weise die Anwendung der offenen Kammern wegen der grossen Höhe nicht mehr zulässig ist, so pflegt man bei Gefällen von etwa 6 *m* aufwärts die Kammern durch geschlossene Eisencylinder zu ersetzen, welche die Turbinen umgeben und durch eine seitwärts eintretende Rohrleitung mit dem Aufschlagwasserkanal etc. in Verbindung stehen. Letztere Aufstellung hat zu der Bezeichnung Rohrturbinen und Hochdruckturbinen Veranlassung gegeben, während die in offenen Kammern befindlichen Turbinen oft Niederdruckturbinen genannt werden. In einzelnen Fällen z. B. bei Teilturbinen mit horizontalen Wellen begnügt man sich oft mit einem einfachen Gehäuse, in dem die Turbine läuft, und einer direkten Rohrleitung bis zur Einlaufstelle.

Die Aufstellung der Turbinen erfolgt entweder in der Art, dass der Ausfluss des Wassers über oder unter dem Unterwasserspiegel stattfindet,

wonach man Überwasserturbinen und Unterwasserturbinen unterscheidet. Die Überwasserturbinen liegen dabei entweder nur wenig über dem Unterwasserspiegel und lassen das Wasser frei ausströmen oder sie sind in grösserer Höhe angebracht unter Anschluss an ein Rohr, welches in das Unterwasser reicht und das Wasser aus der Turbine unter Luftabschluss ableitet (Saugrohr). Bei dieser Anordnung hängt nämlich gewissermaassen an dem Turbinenwasser noch eine saugend wirkende Wassersäule, die natürlich, um nicht abzureissen, stets kleiner als die Atmosphärenwasserdrucksäule (10,3 *m* S. 152) gehalten werden muss. Man sieht hieraus, dass der Druck an der Ausflussstelle verschieden ausfällt, nämlich bei freiem Ausfluss gleich dem Atmosphärendruck, bei Ausfluss unter Wasser etwas grösser, bei Ausfluss durch das Saugrohr kleiner als der Atmosphärendruck.

A. Zuführung und Wirkungsweise des Wassers.

Um bei den Turbinen einen günstigen Nutzeffekt zu erzielen, ist in erster Linie für einen möglichst stossfreien Eintritt des Wassers in die Turbinenkanäle und sodann für eine entsprechende Bewegung desselben in den letzteren Sorge zu tragen. Beides wird erreicht einmal durch Anbringung von Leitflächen nach Art der Kulissenschützen (S. 654) und sodann durch eine passende Gestaltung der Schaufeln beziehungsweise der Kanäle im Rade. Die Anbringung von Leitflächen hat zu der Anordnung eines Leitapparates geführt, welcher der Hauptsache nach aus leitenden Wänden (Leitschaufeln) besteht, die, je nachdem sie für Voll- oder Teilturbinen dienen sollen, in ganzen Ringen oder in Ringteilen neben den Turbinenrädern (Laufräder) feststehend angebracht sind und ihrer radförmigen Anordnung entsprechend die sog. Leiträder bilden. Da das Wasser sich bei Achsialturbinen der Achse parallel, bei Radialturbinen in radialer Richtung bewegt, so ist klar, dass das Leitrad sich bei den ersteren über oder unter dem Laufrade und zwar in ebenen Flächen und bei den letzteren inwendig oder auswendig und zwar in Cylinderflächen an die Turbinenkanäle anschliessen muss. Der zwischen Leitrad und Laufrad notwendige, möglichst klein zu lassende Zwischenraum heisst Spalt.

Ein besonderes Merkmal und damit in Verbindung eine Hauptgrundlage für eine Einteilung der Turbinen bildet die Art und Weise, wie das Wasser innerhalb des Turbinenrades zur Wirkung gebracht wird.

Abgesehen von der nur noch selten vorkommenden Anwendung des Wassers, die darin besteht, dass das letztere in einem freien Strahl gegen die Schaufeln trifft und demnach durch Stoss wirkt (Stossräder), wird die mechanische Arbeit des Wassers auf zweierlei Weise auf das Rad mit Hilfe der Leitschaufeln übertragen.

Entweder tritt das Wasser mit der dem ganzen Gefälle entsprechenden Geschwindigkeit in das Rad und fliesst an den inneren gekrümmten Schaufelflächen entlang, um unter fortwährender Richtungsänderung und Umsetzung der Geschwindigkeit in Arbeit durch Ausübung eines Druckes auf die Schaufelflächen zu wirken. Dann nennt man die Turbinen Druckturbinen oder Aktionsturbinen.

Oder das Wasser gelangt mit einer Geschwindigkeit in das Rad, welche in dem letzteren eine Vermehrung erfährt, so dass es unter fortwährender Richtungsänderung und Geschwindigkeitsvergrösserung zur Wirkung kommt. Solche Turbinen bezeichnet man als Überdruckturbinen oder Reaktionsturbinen.

Diese verschiedenen Wirkungsweisen finden ihre Erklärung in folgender Betrachtung.

Befindet sich (Fig. 557) zwischen dem Oberwasser O und dem Unterwasser U ein zunächst unten verschlossenes Rohr A B mit Wasser gefüllt, so steht in diesem Rohre jedes Wasserteilchen unter einer bestimmten allseitigen Pressung, deren Grösse sich nach hydrostatischen Grundgesetzen zusammensetzt aus dem Gewichte der über den Wasserteilchen befindlichen Wassersäule von der Höhe h und dem Drucke a der Atmosphäre. Da nun der Atmosphärendruck einer Wassersäule a von 10,3 *m* das Gleichgewicht hält (S. 152) so lässt sich derselbe durch diese Wassersäule ersetzen, und infolgedessen der ganze Druck unter Vernachlässigung der Höhe AO sich durch eine Wassersäule zum Ausdrucke bringen, deren Höhe gleich ist a + der über dem Wasserteilchen stehenden Wasserhöhe. Dieser in dem verschlossenen Rohre herrschende Druck wird der hydrostatische Druck und die denselben bedingende Wassersäulenhöhe die hydrostatische Druckhöhe oder Pressungshöhe genannt. Demnach ist z. B. in dem gezeichneten Rohre die Pressungshöhe für den Querschnitt a b gleich a + h und für den Querschnitt c d gleich a + H.

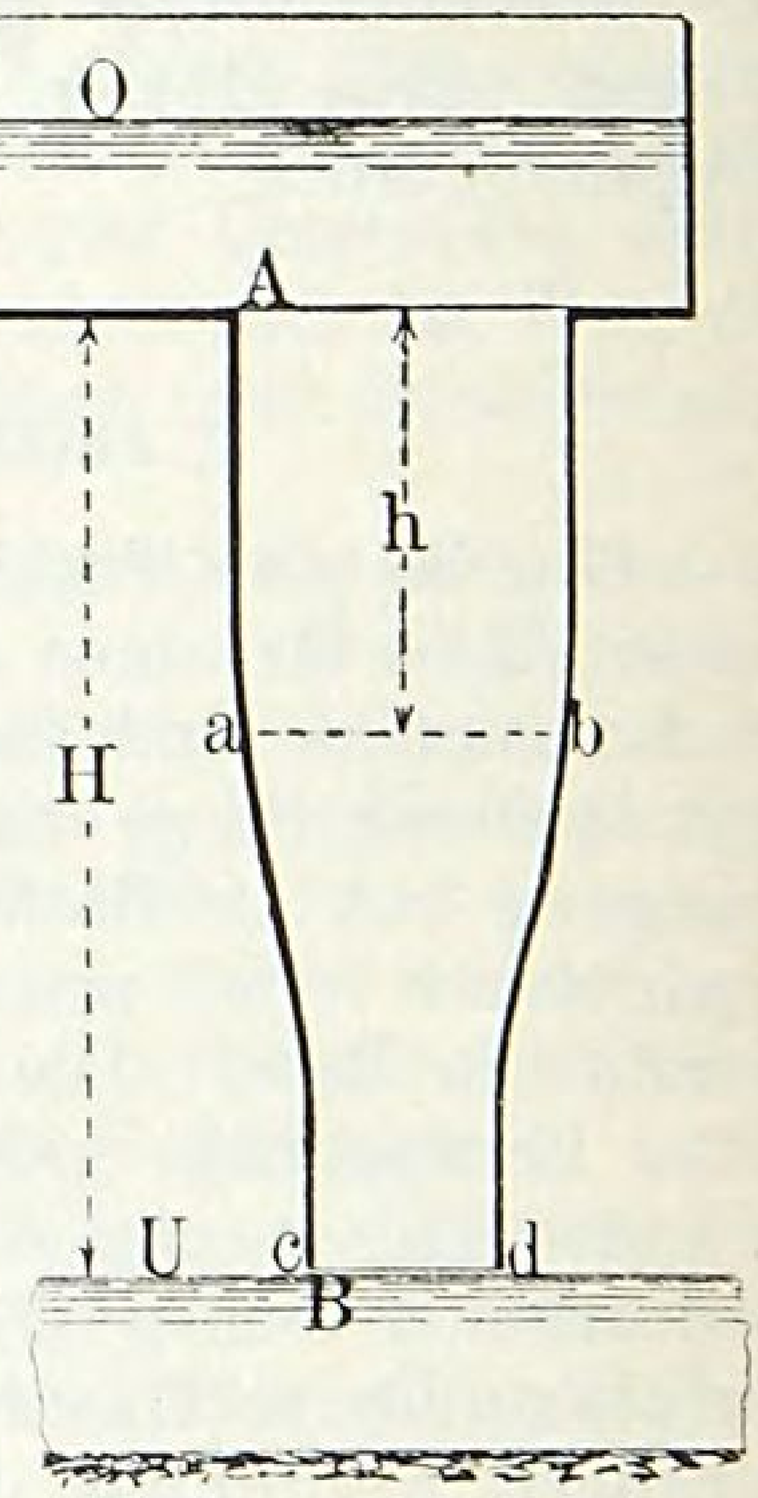


Fig. 557.

Wird nun das mit Wasser gefüllte Rohr an der unteren Stelle c d geöffnet und dadurch das Wasser zum Ausfliessen gebracht so erfolgt dieser nicht unter dem Drucke der Atmosphäre, weil dieser Druck ausgeglichen ist, sondern mit einer Geschwindigkeit U, welche nach dem Gesetze der Hydrodynamik, gleich ist derjenigen Endgeschwindigkeit, welche das Wasserteilchen erhalten würde, wenn es aus der Höhe H frei herunterfiele. Also ist, von allen Widerständen abgesehen

$$U = \sqrt{2 g H}$$

wenn g = 9,81 *m* die Fallbeschleunigung bedeutet.

Bezeichnet man mit F den Querschnitt der Ausflussöffnung c d, so beträgt die in der Zeiteinheit durchfliessende Wassermenge Q = U F. Soll nun das Rohr A B stets gefüllt bleiben, so muss nicht nur von oben unausgesetzt so viel Wasser nachfliessen als unten abläuft, sondern auch an jeder Stelle des Rohres ebenso viel Wasser in derselben Zeit durchfliessen. Demnach findet für verschiedene Querschnitte F_1, F_2, F_3 die Beziehung statt

$$Q = F_1 u_1 = F_2 u_2 = F_3 u_3 \text{ u. s. w.} = F U$$

wenn mit u_1, u_2 etc. die betreffenden Durchflussgeschwindigkeiten bezeichnet werden. Für einen bestimmten Querschnitt a b von der Grösse f, um den Abstand h vom Oberwasserspiegel entfernt gilt nach obigem

also die Beziehung $f u = F U$, woraus folgt

$$u = \frac{F U}{f}$$

d. h. die Geschwindigkeit des Wassers bei einer Stelle des Rohres wird bestimmt durch den Querschnitt an dieser Stelle und durch die Ausflussgeschwindigkeit U. Um die Geschwindigkeit u hervorzubringen, ist die Wirkung der Schwerkraft längs einer Höhe notwendig, welche die Grösse $\frac{u^2}{2g}$ besitzt. Diese Höhe führt daher den Namen Geschwindigkeitshöhe und beträgt einen Teil des Gefälles, so dass also $\frac{u^2}{2g}$ denjenigen Aufwand oder Teil der Gefällhöhe h für den Querschnitt f bezeichnet, welcher für die Erzeugung der Geschwindigkeit u verbraucht ist und um den daher die Pressungshöhe vermindert wird. Hieraus geht aber hervor, dass das Wasser im Zustande der Bewegung erstens unter einem anderen Drucke steht als im Zustande der Ruhe und zweitens, dass der Druck im Zustande der Bewegung gleich ist dem Drucke im Zustande der Ruhe vermindert um den zur Bewegung erforderlichen Druck. Da ferner der Druck im Zustande der Bewegung hydraulischer Druck und die zugehörende Pressungshöhe hydraulische Druckhöhe genannt wird, so pflegt man gewöhnlich zu sagen: die hydraulische Druckhöhe in einem Rohre ist gleich der hydrostatischen Druckhöhe vermindert um die Geschwindigkeitshöhe. Bezeichnet man die erstere mit $\mathfrak{h}$, so findet für den Querschnitt ab statt:

$$\mathfrak{h} = (a + h) - \frac{u^2}{2g}$$

Andererseits ist aber auch:

$$\mathfrak{h} + \frac{u^2}{2g} = a + h$$

also die Summe von hydraulischer und Geschwindigkeitshöhe gleich der hydrostatischen Druckhöhe.

Wird nun die Weite f des Rohres bei ab so gewählt, dass $u = \sqrt{2gh}$ werden muss, also $Q = f u = f \sqrt{2gh}$ oder $f = \frac{Q}{\sqrt{2gh}}$ ist, so tritt der Fall ein:

$$\mathfrak{h} + \frac{2gh}{2g} = a + h \text{ also } \mathfrak{h} + h = a + h \text{ oder } \mathfrak{h} = a$$

d. h. die Pressung des Wassers im Rohre stimmt an jener Stelle mit dem Atmosphärendrucke überein. Es lassen sich in diesem Fall beliebige Öffnungen in dem Rohre anbringen, ohne dass Wasser aus dem Rohre ausfliessen und Wasser oder Luft von aussen in das Rohr eintreten kann.

Wählt man dahingegen $f < \frac{Q}{\sqrt{2gh}}$ so wird $u < \sqrt{2gh}\left(\text{weil } u = \frac{Q}{f}\right)$ also $\frac{u^2}{2g} < h$. Demnach bleibt bei dieser Anordnung für $\mathfrak{h}$ ein Wert, der grösser als der Atmosphärendruck ausfällt und ein Austreten des Wassers aus dem Rohre und die Notwendigkeit eines vollständigen Rohrabschlusses zur Erhaltung dieser grösseren Pressung zur Folge hat.

Endlich kann man noch $f < \frac{Q}{\sqrt{2gh}}$ wählen, so dass $u > \sqrt{2gh}$ also $\frac{u^2}{2g} > h$ wird. Unter diesen Umständen herrscht im Innern des Rohres eine Pressung, die kleiner als der Atmosphärendruck a ist, und das Eindringen von Wasser oder Luft von aussen hervorruft, wenn das Rohr nicht vollständig abgeschlossen ist.

Die im äussersten Fall denkbare also die grösste überhaupt mögliche Geschwindigkeitshöhe $\frac{u^2}{2g}$ kann nur $h + a$ sein, d. h. die Gefällshöhe h vermehrt um die atmosphärische Wassersäule. Aus dieser Beziehung

$$\frac{u^2}{2g} = a + h \text{ folgt } u_{max} = \sqrt{2g(a+h)}.$$

Dieser Maximaldurchflussgeschwindigkeit entspricht natürlich auch der kleinste Querschnitt

$$f_{min} = \frac{Q}{\sqrt{2g(a+h)}}$$

Würde dieser Querschnitt noch kleiner gemacht, so müsste an dieser Stelle weniger Wasser durchfliessen als unten abläuft, dadurch ein leerer Raum im Rohre und ein Zurücksteigen beziehungsweise eine Geschwindigkeitsverminderung der bei cd austretenden Wassermenge erfolgen.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass es möglich ist durch eine entsprechende Annahme des Durchflussquerschnittes für das Gefälle h die Geschwindigkeit auf ein Maximum zu bringen. Demgemäss lässt sich dieser Umstand benutzen, um die Ausflussgeschwindigkeit, welche dem ganzen Gefälle H zukommt ($U = \sqrt{2gH}$) bereits an einer Stelle im Rohre hervorrufen, welche oberhalb des Unterwassers sich befindet. Es ist nur bei der Wahl dieser Stelle die Beschränkung vorhanden, dass sie höchstens um die Atmosphärendruckhöhe a, gewöhnlich nur 6 bis 8 *m*, über dem Unterwasserspiegel liegen muss.

Wird demnach in dem geschlossenen Rohre AB an dieser Stelle, z. B. ab, wo die Wassergeschwindigkeit $U = \sqrt{2gH}$ herrscht, eine Turbine angebracht, so entzieht diese dem Wasser die Geschwindigkeit genau so, als ob sie unmittelbar über dem Unterwasserspiegel läge und unter der Wirkung der Wassergeschwindigkeit U stände (Aufstellung mit Saugrohr. S. 667).

Die erklärten Beziehungen lassen ferner folgendes erkennen. Da die Turbine angesehen werden kann als ein Teil der Leitung zwischen Oberwasser und Unterwasser, so hängt die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser der Turbine zufliesst, von dem Querschnitte ab, den die Zuleitung (Leitschaufelapparat) unmittelbar vor dem Rade besitzt. Wird dieser Querschnitt so klein gewählt, dass das Wasser beim Eintritte in das Rad das ganze Gefälle als Geschwindigkeitshöhe in sich aufgenommen hat, so kann dasselbe im Rade eine weitere Geschwindigkeitszunahme nicht erfahren. Es wirkt daher in diesem Fall nur durch Änderung der Richtung, also durch Ausübung eines Druckes gegen die Schaufeln. Demgemäss ist diese Querschnittgrösse das Eigentümliche der Druckturbinen. Weil aber der Wasserstrahl keine weitere Beschleunigung erhalten kann, so nimmt er beim

Durchfliessen des Rades die Gestalt eines geschlossenen Strahles an und zwar auch dann, wenn die Laufradkanäle weiter sind, indem diese dann nicht vollständig mit Wasser gefüllt werden. Auf Grund dieser Eigentümlichkeit, nach welcher also die Radkanäle nicht mit Wasser gefüllt zu sein brauchen, haben die Druckturbinen auch den Namen Strahlturbinen erhalten.

Wird dahingegen der Querschnitt an dem Austritte des Leitschaufelapparates grösser d. h. so gross gemacht, dass das Wasser nicht das ganze Gefälle als Geschwindigkeitshöhe aufgenommen hat, so ist die Geschwindigkeit kleiner und noch ein Teil der Pressungshöhe im Wasser vorhanden, welcher während der Bewegung des Wassers durch das Rad noch zur Beschleunigung benutzt werden muss, damit das Wasser mit der Pressung des Unterwassers abfliessen kann. Infolge dieses Vorganges findet bei dieser Anordnung nebst der unausgesetzten Änderung der Richtung auch noch eine Beschleunigung des Wassers im Rade statt und da diese Beschleunigung mit einer Reaktion des beschleunigten Wassers beziehungsweise Druckvermehrung verbunden ist, so nennt man die Turbinen mit dieser Wirkungsweise des Wassers Reaktionsturbinen oder Überdruckturbinen. Selbstverständlich ist bei diesen Überdruckturbinen zur Überführung der Pressungen in das Rad ein allseitig umschlossener Wasserstrahl sowie ein möglichst kleiner Spalt, als auch vollständige Füllung der Radkanäle notwendig. Damit diese Füllung bei der beschleunigten Bewegung des Wassers erfolgen kann, hat eine allmähliche Querschnittsabnahme (Verengung) der Kanäle in der Richtung des Durchflusses einzutreten, im Gegensatz zu den Druckturbinen, bei welchen eine Erweiterung nicht selten zweckmässig ist.

Bezeichnet man (Fig. 558) mit U = A B die Geschwindigkeit und die Richtung, mit welcher das Wasser sich unmittelbar vor dem Eintritte in das Rad bewegt, mit v = A O die Geschwindigkeit und Richtung des Rades und mit α den Winkel zwischen diesen beiden Richtungen, so lässt sich im allgemeinen U in die zwei Geschwindigkeiten zerlegen:

U cos α = A S und U sin α = A T

wovon die erstere zum Treiben des Rades, die zweite zur Fortbewegung des Wassers durch das Rad dient. Da letztere für die Wirkung auf das Rad verloren ist, so sucht man sie möglichst klein zu machen, indem man die Wasserrichtung derart wählt, dass der Winkel α möglichst klein ausfällt, was nur durch Leitschaufeln erreicht werden kann.

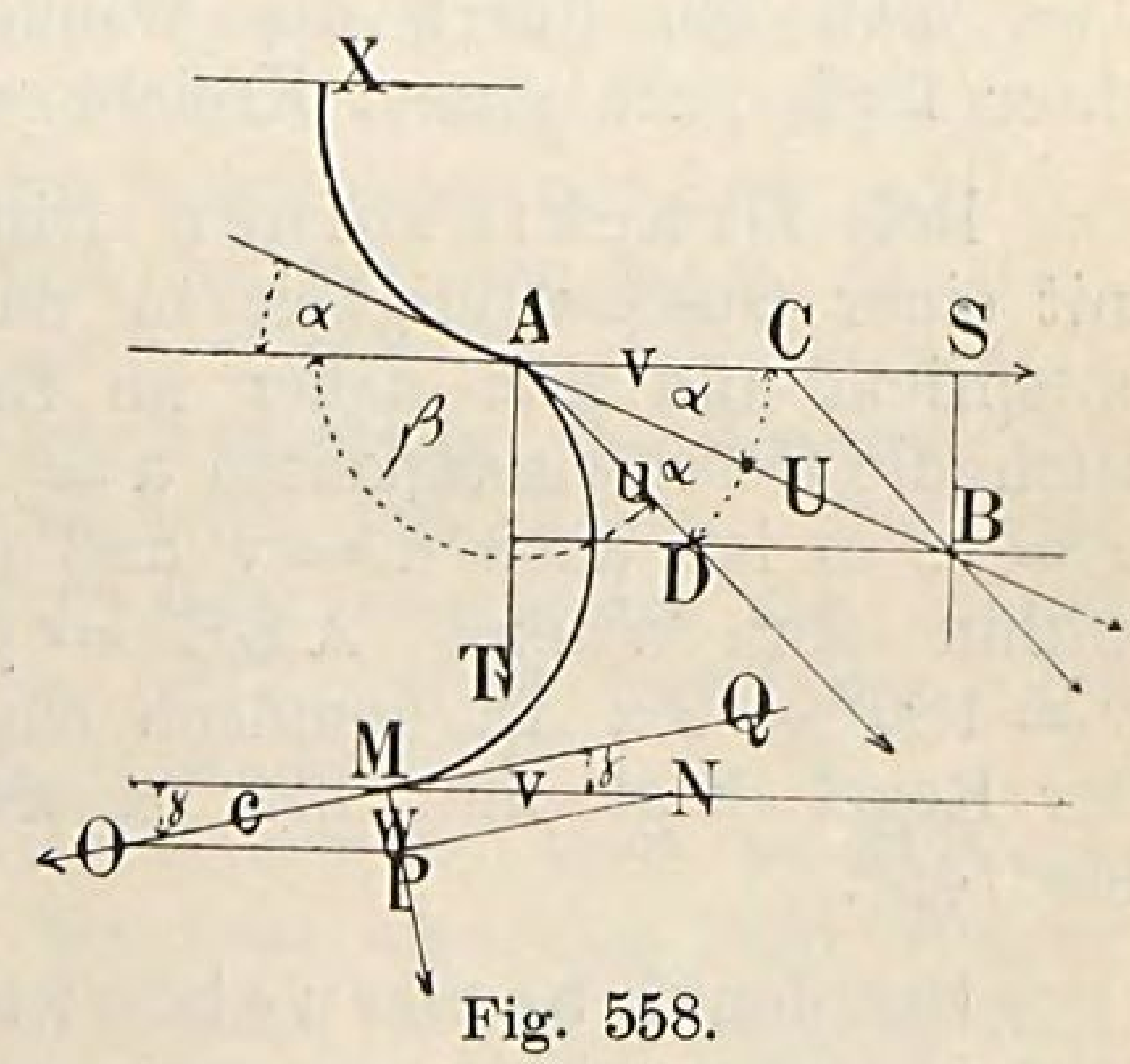


Fig. 558.

Damit das Wasser in die bezeichnete Bewegungsrichtung A B ohne plötzliche Richtungsänderung übergehen kann, muss das äussere Leitschaufelstück X in die Richtung des zuströmenden Wassers gestellt und mittels einer gekrümmten Fläche X A an das Leitschaufelelement A angeschlossen werden.

Die Wassergeschwindigkeit AB lässt sich auch in die zwei Geschwindigkeiten AC = v und AD = u zerlegt denken, wovon die erstere mit der Radgeschwindigkeit v, die zweite mit der Geschwindigkeit u zusammenfällt, mit welcher sich das Wasser längs der Radschaufel bewegt. Damit nun die Radschaufel das Wasser günstig aufnimmt, muss sie in der Richtung dieser relativen Wassergeschwindigkeit beginnen d. h. das Radschaufelelement bei A muss in der Richtung A D stehen. — Streng genommen müsste diese Richtung sich mit jeder Radgeschwindigkeit ändern; weil eine solche Änderung ausgeschlossen ist, so dient als Grundlage diejenige Geschwindigkeit, welche als die vorteilhafteste erscheint und dem Turbinenbetriebe sich am zweckmässigsten anpasst.

Das durch das Rad fliessende Wasser nimmt mit dem Rade gleiche Geschwindigkeit v an. Im Augenblicke des Austrittes fällt die Richtung des Wassers mit dem Schaufelelement bei M zusammen, welches daher dem Elemente A fast entgegengesetzt gerichtet sein muss. Das Wasser besitzt nun bei M ausser der Radgeschwindigdeit M N = v noch die relative Austrittsgeschwindigkeit M O = c, deren Richtung durch den Winkel γ oder durch die an das letzte Schaufelelement gegebene - Tangente O Q gegeben ist. Die Resultirende M P aus der Radgeschwindigkeit M N = v und der relativen Austrittsgeschwindigkeit M O = c giebt die wirkliche Wasseraustrittsgeschwindigkeit M P = w. Weil diese Geschwindigkeit für die Wirkung auf das Rad verloren ist, so sucht man w so klein als möglich zu gewinnen, indem man den Winkel γ so klein als thunlich anordnet, in der Regel 15 bis 18° wählt. — Bei dem Winkel γ = Null würde v = c und w = Null, also die günstigste Austrittsgeschwindigkeit sein. Dieselbe steht jedoch unter der Grösse, welche behufs des Durchfliessens der beaufschlagten Wassermenge in der Richtung der Wasserbewegung, also rechtwinklig zur Radbewegung notwendig ist.

Die Form der Radschaufel wird nun im allgemeinen dadurch erhalten, dass man die durch die Winkel β und γ festgelegten Elemente mittelst einer flach nach einem Kreisbogen gekrümmten Fläche A M verbindet.

Bei Druckturbinen tritt nach obigen Erklärungen das Wasser mit einer Geschwindigkeit in das Laufrad, welche der ganzen Gefällhöhe entspricht und sich daher im Rade nicht mehr ändert. Demnach bleiben auch die Geschwindigkeiten u = A D und c = M O gleich. Da nun ferner c = v, so ist auch u = v und das Dreieck A D B ein gleichschenkeliges, mithin der Winkel ADB = β = 180° — 2α. Das Winkelverhältniss β = 180° — 2 α ist demnach charakteristisch für die Druckturbinen. In der Regel liegt nun hier α zwischen 20 bis 30°, also β zwischen 120 bis 140°.

Bei den Überdruckturbinen dahingegen erfolgt der Wassereintritt in das Laufrad mit geringerer Geschwindigkeit, die sich aber innerhalb des Rades vergrössert. Deshalb ist die Geschwindigkeit $u < c$ also auch c = v genommen, $u > v$ also im Dreieck A D B die Seite $AD > AC$, mithin auch $\beta <$ 180° — 2 α, so dass bei den Überdruckturbinen die Winkelbeziehung $\beta > 2\alpha$ als Eigentümlichkeit zu gelten hat. Gewöhnlich wählt man für diese Turbinen β = 90°. Die Grösse von α richtet sich nach den Wasser- und Gefällverhältnissen und zwar:

$\alpha = 20$ bis 40^0 für $Q = 5$ bis 12 cbm p. Sek. und $H = 0{,}5$ bis $3\,m$
$\alpha = 10$ bis 20^0 „ $Q = 1$ bis 5 „ „ „ „ $H = 1{,}5$ bis $8\,m$
$\alpha = 15$ bis 17^0 „ $Q = 1$ bis 1,5 „ „ „ „ $H = 8$ bis $12\,m$

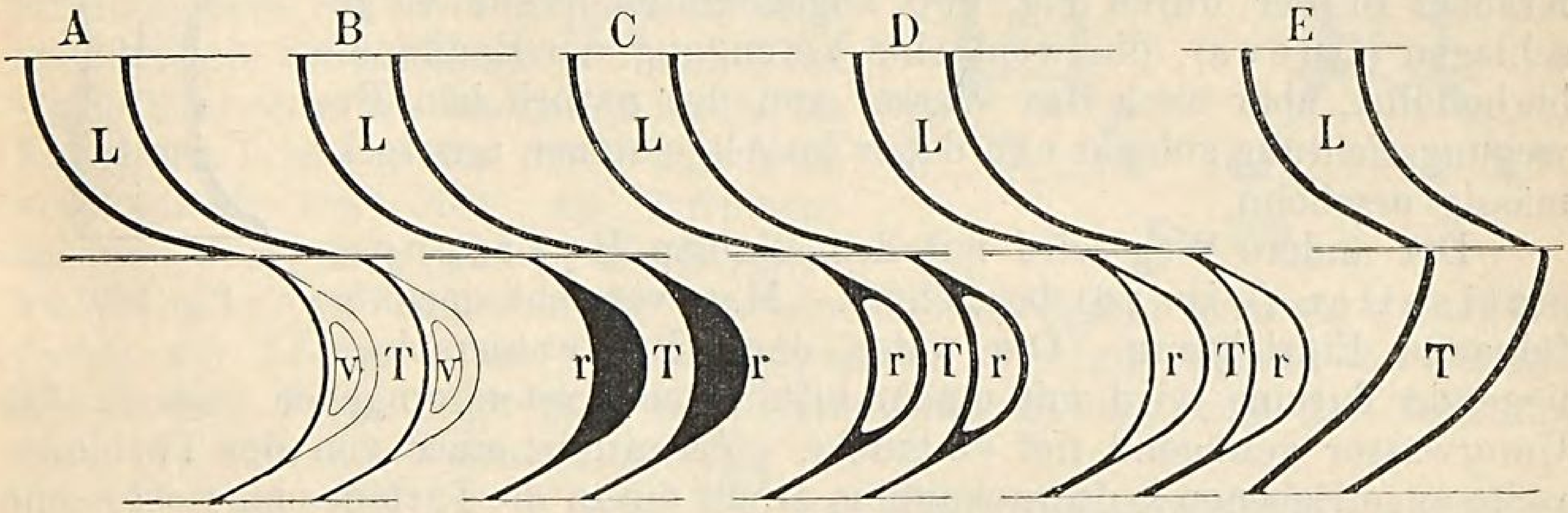


Fig. 559.

Den verschiedenen Winkeln entsprechend, sind auch die Schaufelformen von einander erheblich abweichend, wie die Fig. 559, A und E zeigen, wovon A die Grundform einer Druckturbine und E die Grundform einer Überdruckturbine erkennen lässt.

Aus der Betrachtung der Fig. 559 A ist zugleich zu ersehen, dass die Querschnitte des Turbinenkanals sich vom Eintritte bis zur Mitte des Rades bedeutend erweitern und sodann dem Austritte zu sich wieder verengen. Da nun das Wasser beim Durchfliessen durch den Kanal keine Geschwindigkeitsänderung erleidet und deshalb vielmehr im geschlossenen Strahl ohne Querschnittsveränderung an der Hohlfläche der Schaufel sich entlang bewegt, so bleibt an den grossen Querschnitten des Kanals ein Raum L (toter Raum) übrig, der nicht von Wasser ausgefüllt wird. Steht die Turbine in freier Luft, so hält sich dieser Raum mit Luft gefüllt, welche eine nennenswerte Störung nicht veranlasst, namentlich wenn in der Seitenwand nach dem Vorgang von Girard Löcher angebracht werden, welche eine Verbindung mit der Aussenluft zum Zwecke etwaiger Druckausgleichung herstellen (Ventilation). Dahingegen haben diese mit Luft gefüllten Schaufelräume eine äusserst nachteilige Wirkung auf den Gang der Turbine, wenn letztere im Unterwasser liegen soll, indem sie sich mit Unterwasser füllen, das durch Stoss- und Wirbelbewegung die Wirkung des Aufschlagewassers sehr störend und schwächend beeinflusst. Derartige Druckturbinen müssen daher über dem Unterwasser angebracht sein, damit sie in der Luft laufen. Hiermit ist aber ein Gefällverlust verbunden, der namentlich bei kleinen Gefällen oft sehr ins Gewicht fällt.

Zur Beseitigung dieses Mangels der Druckturbinen sind zwei Wege eingeschlagen. Nach dem einen Vorgehen begrenzt man den vom Wasser bei seiner regelmässigen Bewegung gefüllten Raum, indem man (Fig. 559, B, C, D) den Schaufeln eine Form giebt, die sich überall an den Wasserstrahl anschliesst und zwar dadurch, dass man entweder die Schaufeln entsprechend verstärkt (Sackschaufel Fig. 559 B) oder mit einer zweiten Blechschaufel bedeckt (Rückschaufel Fig. 559 C, D), so dass die toten Räume ganz in Wegfall kommen. Durch Anwendung dieser Schaufelformen erreicht man eine vollständige Füllung der Kanäle und damit die Beseitigung des störenden Einflusses des Unterwassers und die Möglichkeit,

dass die Druckturbinen im Unterwasser ohne Beeinträchtigung ihrer Wirkung laufen können.

Statt der Rückschaufeln ist auch eine Einschnürung des Kranzes in der durch Fig. 560 angedeuteten Weite vorgeschlagen (Queva), die wohl eine Verengung der Radkanäle herbeiführt, aber auch das Wasser von der natürlichen Bewegungsrichtung ablenkt und daher im Allgemeinen unzweckmässig erscheint.

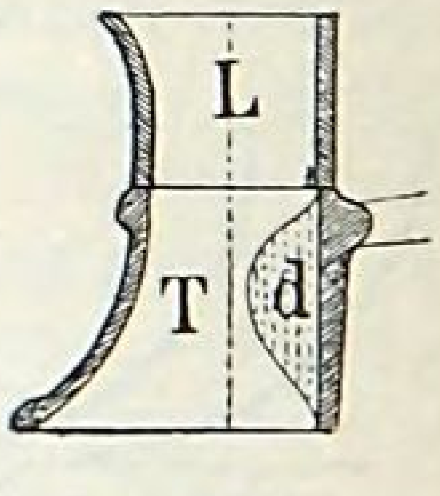


Fig. 560.

Der andere Weg wird mit dem Namen Hydropneumatisation (Girard) bezeichnet. Man versteht darunter folgende Einrichtung. Die unter dem Unterwasserspiegel liegende Turbine wird mit einem luftdichten Kasten umgeben, der in das Unterwasser genügend tief eintaucht. Vermittelst einer von der Turbinenwelle angetriebenen Luftdruckpumpe erhält die in die Turbine eingeschlossene Luft sodann einen solchen Überdruck, dass sie den Unterwasserspiegel im Kasten durch ihren Druck stets bis unter die Ausflussöffnungen der Turbine senkt und somit das Unterwasser vom Eintreten in das Rad zurückhält.

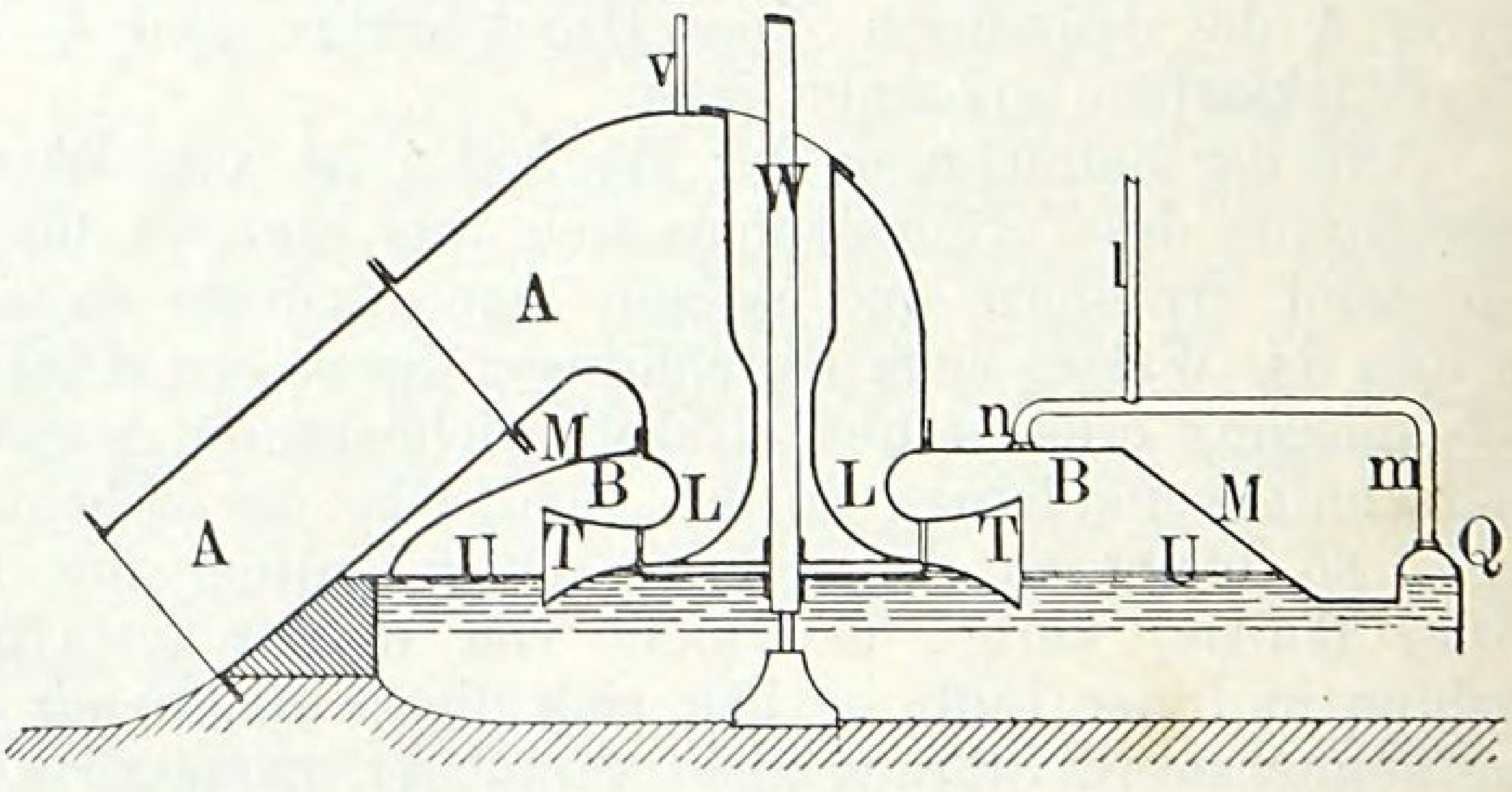


Fig. 561.

Eine mit Hydropneumatisation ausgestattete Turbinenanlage zeigt Fig. 561. Dem Turbinenrad T fliesst das Aufschlagwasser durch das Heberrohr A und den Leitapparat L zu, um nach Abgabe des Arbeitsvermögens in das Unterwasser U U zu gelangen. Hierbei erhält das durch einen Teller mit der Welle W verbundene Turbinenrad den luftdicht schliessenden Mantel M M, in welchen durch das Rohr l n vermittelst einer Druckpumpe Luft von solcher Pressung eingedrückt wird, dass das Wasser aus T frei auslaufen kann, indem durch diese komprimierte Luft das Unterwasser U U stets auf einer bestimmten Höhe erhalten wird. In einer Glocke Q sammelt sich diejenige Luft, welche von dem Wasser mitgerissen wird, um durch das Rohr m n in den Turbinenkasten B B zurückzugelangen. Zum Ansaugen des Wassers und zur Aufrechthaltung der Hebewirkung in dem Zuflussrohre A A erhält das letztere ein Rohr v, das nach einer Luftpumpe führt.

Da die letzte Einrichtnng nicht nur einen Arbeitsaufwand fordert, sondern auch die Turbinenanlage umständlich gestaltet, so findet sie wenig, die Anordnung der Rück- und Sackschaufeln dahingegen sehr oft Anwendung.

Der Wasserstrahl einer Druckturbine erfährt beim Durchströmen des Laufrades offenbar am wenigsten Widerstand, wenn in den Laufradkanälen einfacher Atmosphärendruck herrscht und der Strahl selbst nicht seitwärts eingeschlossen, sondern so weit frei gegeben wird, dass er nur mit der einen Schaufelfläche in Berührung kommt. Auf Grund dieser Er-

wägung sind die in Fig. 562 dargestellten Schaufelformen (Girard) entstanden, welche eine Haupteigentümlichkeit der Girard-Turbinen ausmachen. Man erkennt bei einer Form, dass die untere Schaufelkante c d etwa doppelt so breit als die obere Schaufelkante a b und diese wiederum breiter als die untere Kante des Leitrandes L ist, so dass das Wasser sich vollkommen frei über die Turbinenschaufel T ergiessen kann (freie Strahlentwicklung), zumal nicht nur durch den Spalt, sondern namentlich durch die Löcher e in den Seitenwänden die Luft überall Zutritt hat. Die andere Form zeigt nur eine wesentliche Erweiterung des Turbinenrades T und die Ventilationslöcher e e.

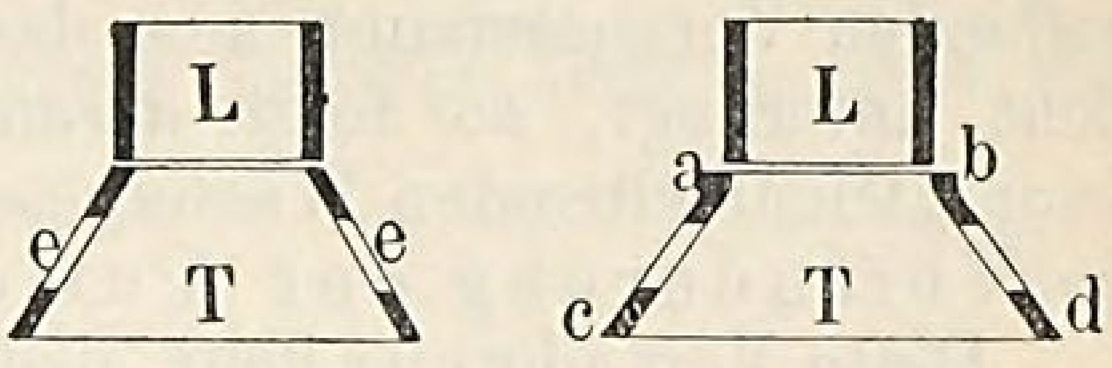


Fig. 562.

Weil (S. 672) das Wasser bei den Überdruckturbinen mit geringerer Geschwindigkeit U eintritt, als bei den Druckturbinen, dagegen aber im Laufrade eine Beschleunigung erfährt, und demnach die grösste Geschwindigkeit erst unmittelbar vor dem Austritte aus dem Rade erhält, so muss die Schaufelform der Überdruckturbinen insofern von derjenigen der Druckturbinen abweichen, als nicht nur der Winkel $\beta > 2\alpha$, sondern auch der Abstand der Schaufeln derart gewählt wird, dass die Querschnitte der Kanäle, entsprechend der Zunahme der Wassergeschwindigkeit, in der Richtung des Wasserlaufes eine stetige Abnahme erfahren. Dieser Forderung genügt die Form Fig. 559 E, welche dadurch entsteht, dass man die oben unter dem Winkel β, unten unter dem Winkel γ gegen die Schaufelbewegungsrichtung geneigten Endelemente A und M der Schaufel (Fig. 558 S. 671) durch einen flachen Kreisbogen verbindet.

Die durch die Natur der Wasserwirkung bedingte stetige Füllung der Laufradkanäle ist der Grund, dass die Ueberdruckturbinen ohne weiteres befähigt sind, im Unterwasser zu laufen, indem letzteres nicht in das Rad eindringt und in den Kanälen störende Einflüsse hervorruft. Infolgedessen eignet sich diese Turbinengattung zur vorzüglichen Ausnutzung des ganzen Gefälles selbst bei veränderlichem Wasserstande, wenn sie in das niedrigste Unterwasser gelegt wird.

B. Regulirung der Turbinen.

In den seltensten Fällen ist die Menge und die Geschwindigkeit des Aufschlagwassers einerseits und die Arbeitsabgabe der Turbinen anderseits von solcher gleichbleibenden Grösse, dass bei diesen Wasserkraftmotoren ein hiedurch bedingter Zustand als Grundlage ihrer Anordnung angenommen werden könnte. Es muss vielmehr ganz allgemein als Regel gelten, dass diese drei Grössen veränderlich sind und dass aus diesem Grunde mit den Turbinenanlagen Vorrichtungen in Verbindung zu treten haben, welche einen solchen Ausgleich dieser drei Faktoren herbeiführen, dass ihr Gang nicht nur dem jeweiligen Bedürfnisse an Leistungsfähigkeit angepasst wird, sondern dass auch mit diesem Anpassen das Güteverhältnis erhalten bleibt. Diese Vorrichtungen bilden in ihrer Gesamtheit die Regulirung der Turbinen.

Eine günstige Wirkung der Turbine wird, wie oben ausführlich erörtert wurde, ganz wesentlich von einem passenden Verhältnisse zwischen

der Wassergeschwindigkeit und der Radgeschwindigkeit bedingt, so dass es stets Aufgabe der Regulirung sein muss, dieses Verhältnis gleichbleibend zu erhalten. Geht man nun von der erfahrungsgemäss allgemein zutreffenden Voraussetzung aus, dass die Radgeschwindigkeit einer Änderung nicht unterliegt, so folgt daraus ohne weiteres auch die Notwendigkeit einer gleichbleibenden Wassergeschwindigkeit und als Mittel zur Regulirung die Veränderung der Aufschlagwassermenge.

Diese Veränderung kann dadurch herbeigeführt werden, dass man entweder die Querschnitte der Zuleitungskanäle oder Röhren vergrössert oder verkleinert, oder dass man die Grösse der Durchflussquerschnitte der Leitkanäle dem jeweiligen Bedürfnisse anpasst.

Die erstere Art der Regulirung, welche mit der allgemeinen Regulirung der Zulaufmengen (S 651) zusammenfält und durch Schützen (S. 653), Schieber (S. 114), Drehklappen (S. 100) hervorgebracht wird, findet nur selten allein Anwendung, weil sie stets mit einem erheblich ungünstigen Einfluss auf das Güteverhältnis und mit einer bedeutenden Verschwendung an motorischer Kraft verbunden ist, da sie zugleich eine Verminderung der Geschwindigkeit im Turbinenrade zur Folge hat. Die genannten Vorrichtungen sollen daher allgemein nur als Mittel zum Abstellen und zur Inbetriebsetzung der Maschinen angesehen und gebraucht werden.

Demnach bildet die zweite Art „Regulirung der Turbinen durch Änderung der Querschnitte der Leitkanäle" die Regel und gelangt nach zwei Hauptmethoden zur Durchführung, je nachdem die Anordnung getroffen wird:

1. dem Bedürfnisse entsprechend, eine gewisse Anzahl Leitkanäle vollständig abzuschliessen oder

2. die sämtlichen Kanäle gleichmässig zu verengen.

Die Wahl einer dieser Anordnungen wird verschieden sein, je nachdem es sich um die Regulirung von Druckturbinen oder Überdruckturbinen handelt. Wie aus den Erörterungen S. 670 hervorgeht, gehört es zu den Eigentümlichkeiten der ersteren Gattung, dass das Wasser in einem zusammenhängenden Strahl die Radzellen durchströmt, ohne die Notwendigkeit, die letzteren zu füllen, während die zweite Gattung eine unausgesetzte Füllung der Radzellen bedingt.

Aus diesem Grunde lassen sich für die Druckturbinen beide Anordnungen mit gleich gutem Erfolg anwenden, d. h. es ist ausreichend bei dieser Turbinengattung allein den Querschnitt der Zellen zu verengen. Die Überdruckturbinen dahingegen machen solche Regulirungsvorrichtungen notwendig, welche nicht nur sämtliche Leitkanäle zu verengen vermögen, sondern auch zugleich die Querschnitte der Radkanäle soweit mit verkleinern, dass letztere auch bei vermindertem Wasserzulauf gefüllt bleiben.

In Bezug auf die Ausführung der Reguliranlagen in jedem einzelnen Fall sind noch folgende zwei Bedingungen zu berücksichtigen. Entweder erfordert der Betrieb, dem die Turbine dient, eine möglichst gleichmässige Geschwindigkeit; bei dieser Forderung findet eine Beeinflussung der Stellapparate durch einen Schwungkugelregulator statt, der von der Turbine angetrieben wird. — Oder es soll die vorhandene Wasserkraft möglichst ausgenutzt und deshalb der Oberwasserspiegel auf gleicher Höhe erhalten werden; zu diesem Zwecke bringt man die Stellapparate mit einem Schwimmer in Verbindung, der bei sinkendem Wasserspiegel den Durch-

flussquerschnitt verkleinert, bei wieder steigendem Spiegel vergrössert. — Ganz allgemein stehen daher Stellapparate in Gebrauch, die selbstthätig in Wirksamkeit treten. Daneben soll aber die Errichtung einer Handregulirung nicht fehlen.

Die gebräuchlichsten Regulirvorrichtungen (in Fig. 563 bis 574 dargestellt) zerfallen in

1. Klappen,
2. Ringschützen,
3. Rollschützen,
4. Rundschützen,
5. Schieber.

1. Klappen (Fig. 563). Die Klappen bilden Platten S aus Gusseisen oder Eisenblech, welche bei Achsialturbinen die Eintrittsöffnungen der

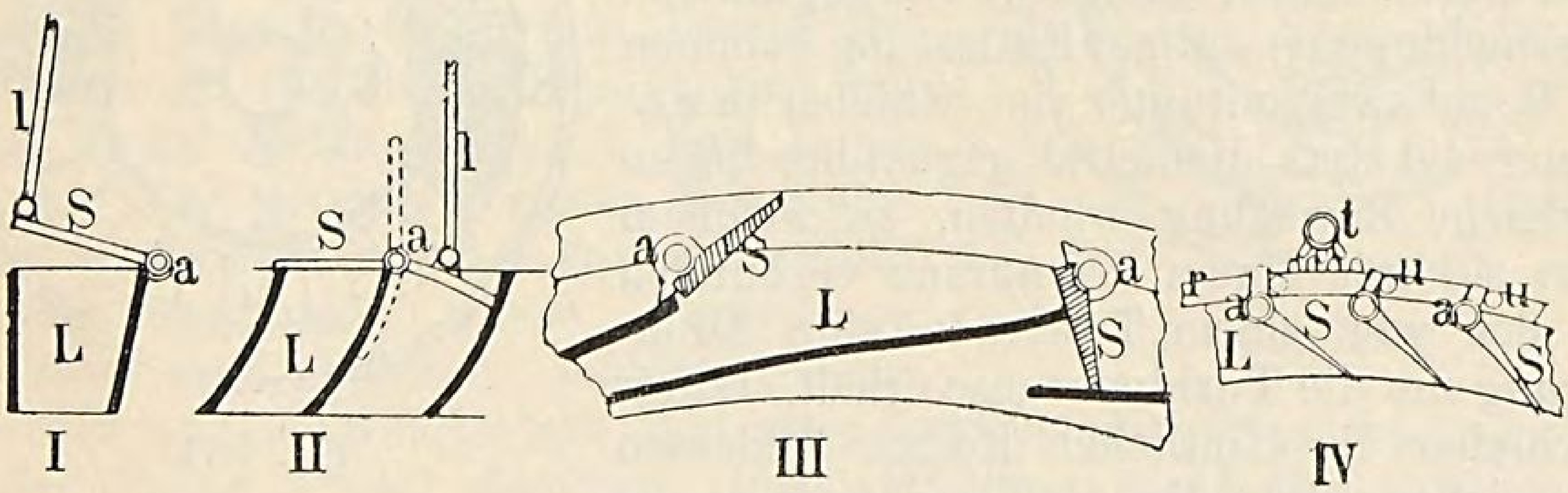


Fig. 563.

Leitkanäle abschliessen und zwar indem sie sich, um Scharniere a drehbar, entweder (I) auf die Kanäle legen oder als Drehklappen (II) verschliessen, wobei die Stangen l die Drehung zum Öffnen und Schliessen vermitteln.

Für Radialturbinen kann die (III) Anordnung getroffen werden, bei welcher die Klappe S, um eine vertikale Achse a gedreht, sich gegen die Schaufel stützt und den Kanal L verschliesst. Hierher gehört auch die durch IV vergegenwärtigte Regulirung, die darin besteht, dass sich die Leitschaufeln S um Zapfen a drehen und zwar mit Hilfe eines Ringes r, der mittels einiger Zähne und eines Triebrades t etwas gedreht, durch Stifte u gegen die Schaufeln wirkt.

2. Ringschützen. — Wenn Klappen von der Form Fig. 563 I zu einem vollständigen Kreis vereinigt werden, so entsteht eine zusammenhängende Decke in der Gestalt eines Ringes, dessen Breite mit der Kranzbreite des Leitrades übereinstimmt. Solche Verschlussorgane heissen Ringschützen und kommen in der Weise zur Wirkung, dass sie sämtliche Leitkanäle zugleich öffnen oder schliessen. Ihrer Beschaffenheit nach sind sie nur bei Achsialturbinen anwendbar.

3. Rollschützen (Fig. 564). Eine Rollschützenregulirung besteht aus zwei Lederhalbkreisringstücken s, s, welche mit je einem Ende an diametral gegenüber liegenden Leitschaufeln und mit dem anderen Ende an Kegeln k k befestigt sind, welche durch Rollbewegung die Streifen auf- und abwickeln, je nach der Richtung der Bewegung der Kegel und somit mehr oder weniger Kanäle frei machen oder bedecken. Zur Mitteilung dieser Bewegung sind die Kegelachsen wegen des veränderlichen Durchmessers mittels Bügels an die Stange o angeschlossen, welche ihrerseits

mit dem Bügel B um die Turbinenwelle W von der Welle 1 aus durch ein Triebrad und Zahnradsegment in Umdrehung versetzt wird. Zur Sicherung des Auf- und Abwickelns der Schützenstreifen befinden sich an den Kegeln Zahnräder i, die in einen Zahnkranz z eingreifen, der wegen des veränderten Kegeldurchmessers etwas geneigt angebracht ist.

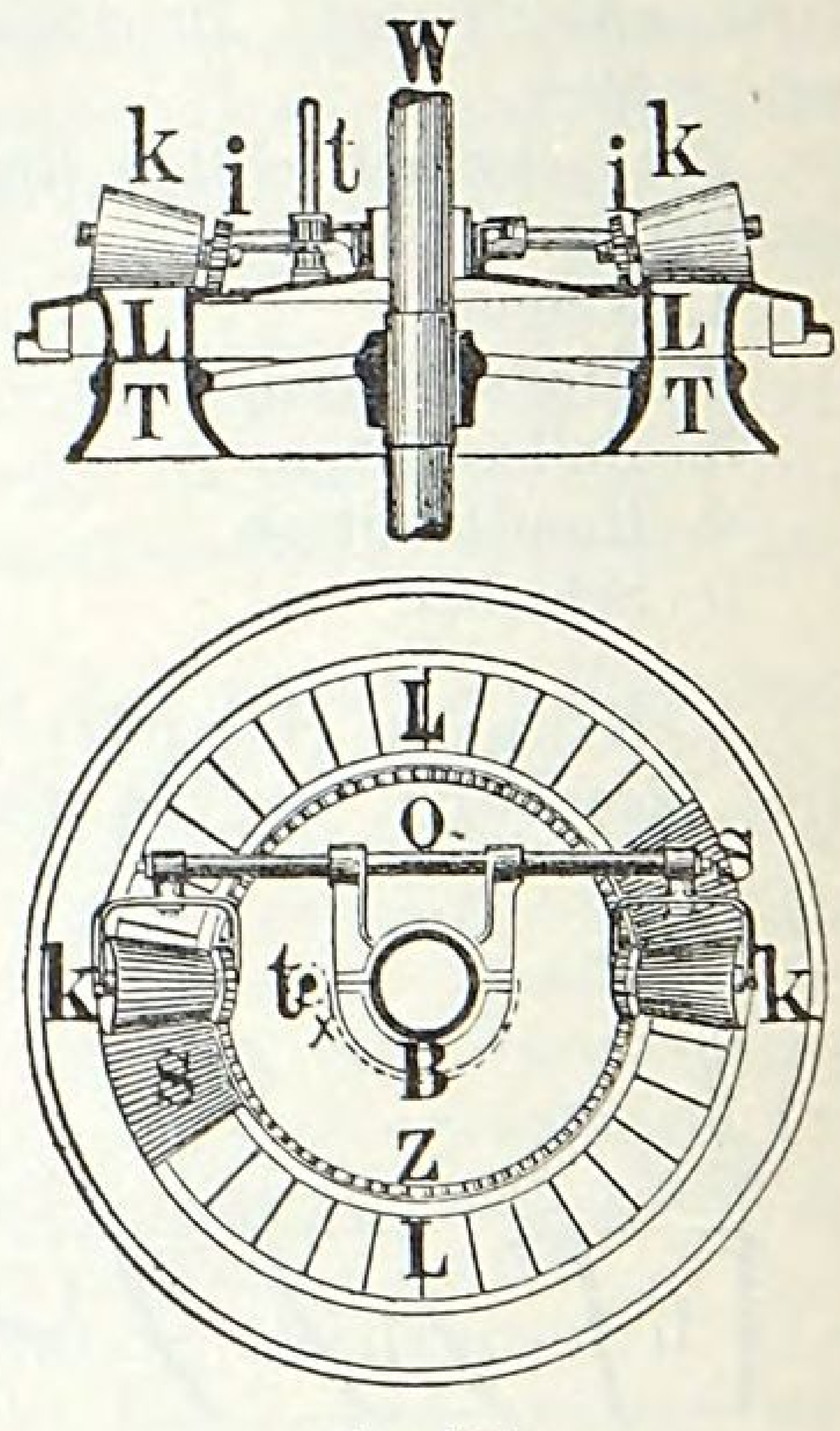


Fig. 564.

4. Rundschützen. — Hierunter werden Einrichtungen verstanden, bei welchen Schieber über die Leitkanäle in peripherischer Bewegung behufs Abdeckung derselben hinweggeführt werden. Die Abdeckung kann hierbei entweder nur einen Teil oder sämtliche Kanäle umfassen und ausserdem sowohl für Achsial- als Radialturbinen Anwendung finden. Zur Vermeidung einseitiger Entlastung kommen in der Regel zwei, mitunter vier Schieber in Anwendung, die stets diametral gegenüber liegen und gleiche Bewegung erhalten, zu welchem Zwecke sie mit einem Zahnkranz verbunden sind, der von einem Triebrade eine Drehbewegung um die Turbinenachse erhält. Damit die Schieber die sämtlichen Kanäle freilassen können, ist es notwendig, die Eintrittsöffnungen der Leitkanäle bei 2 Schiebern in zwei verschiedene Flächen zu legen, die so gewählt sind, dass neben jeder dieser Flächen Platz für den zur anderen Fläche gehörenden Schieber vorhanden ist. Wie man diese Flächen anordnen kann, zeigen die folgenden Beispiele.

In Fig. 565 erkennt man die Schieber s und s, als ebene Kreisringplatten, an den Armen a und a befestigt und mittels der Zahnkränze s und s, sowie der Triebräder t und t um die Welle W in Kreisen drehbar. Den verschiedenen Abständen dieser Schieber von der Wellenachse entsprechen die zwei Flächen der oberen Öffnungen der Leitkanäle L und L, so dass jeder Kanal von dem zugehörenden Schieber bedeckt wird. Diese Flächen liegen in einer Ebene aber in verschiedenen Abständen von der Welle W.

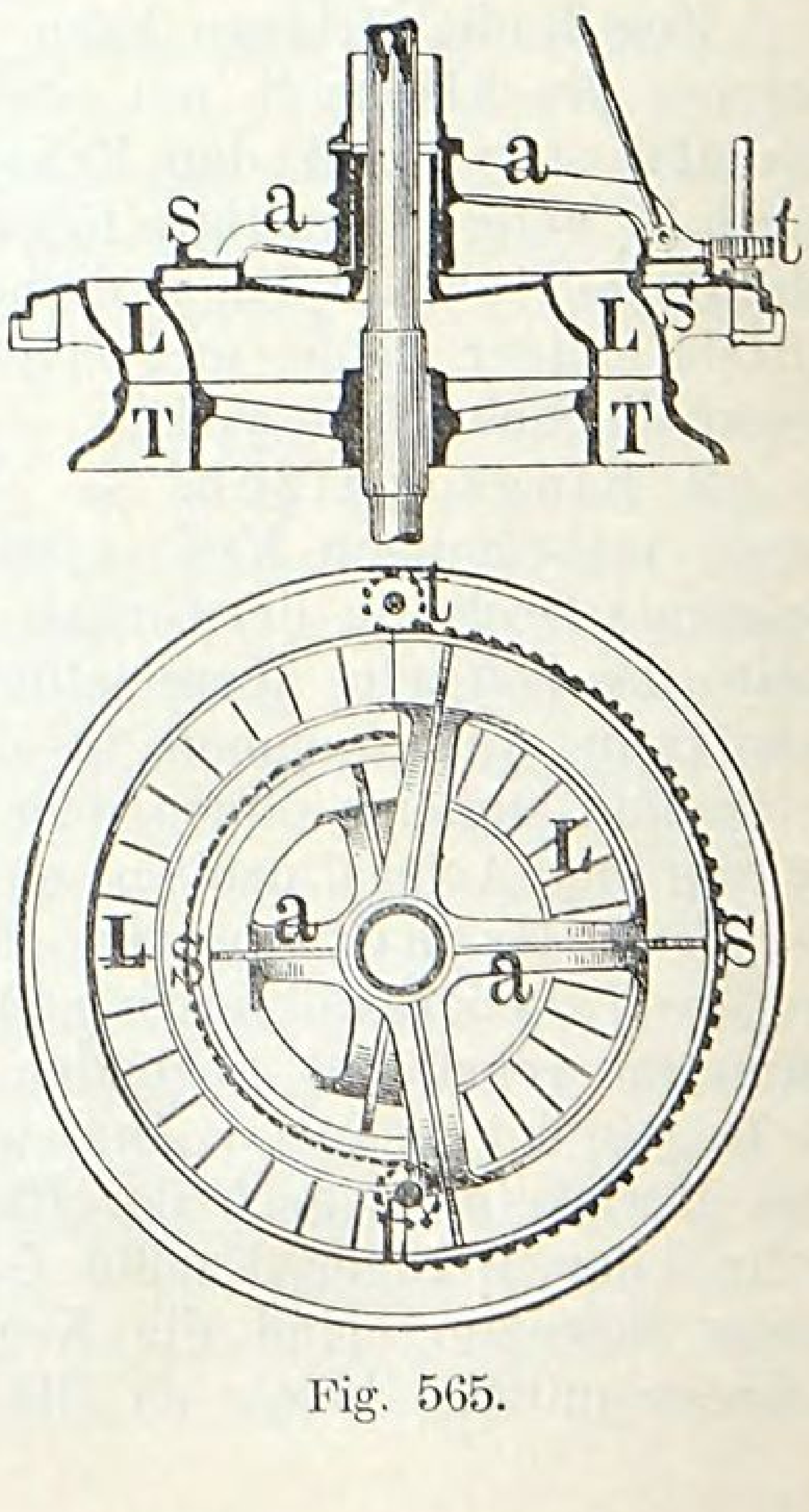


Fig. 565.

Die Fig. 566, in welcher dieselben Bezeichnungen s und s für die Schieber, a und a für die Arme, L für das Leitrad und F für das Laufrad gewählt sind, zeigt eine Ausführung, bei welcher der eine Schieber s eine ebene Kreisringfläche, der andere s dahingegen eine Cylinderfläche bildet, die sich gegen die in einer Cylinderfläche liegenden Austritte der Leitkanäle L schiebt,

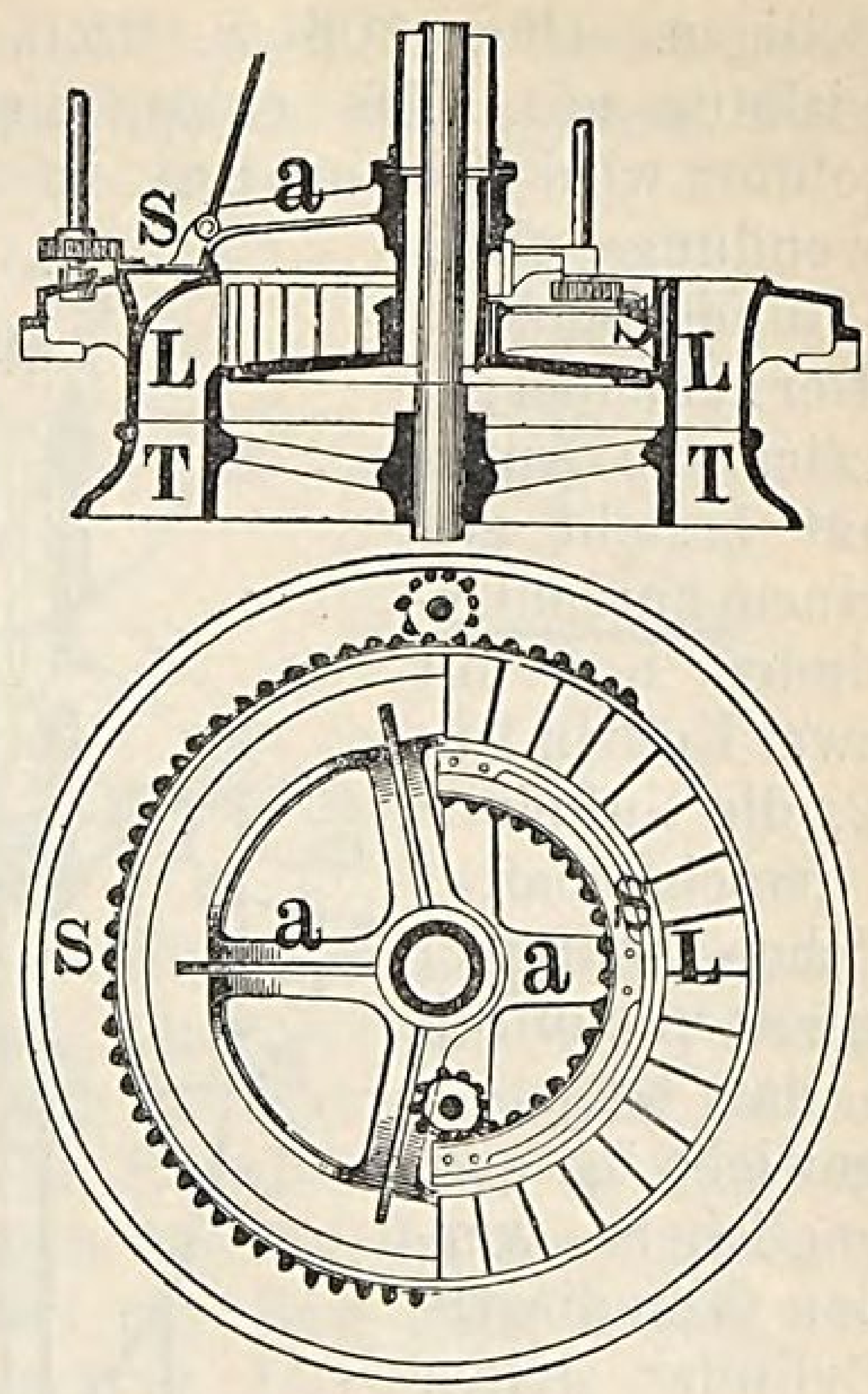


Fig. 566.

wenn der andere Schieber die anderen Kanäle bedeckt.

Aus der Fig. 567 geht eine Ausführung hervor, welche sich von den vorhergehenden wesentlich dadurch unterscheidet, dass jede Hälfte der Leitkanäle L und L in Kegelflächen ausmündet und dass infolgedessen die Schieber s und s ebenfalls Kegelmäntel bilden. Diese Mäntel bilden mit dem Boden b und einem Blechkegelmantel ein zusammenhängendes Stück, welches mittels eines Zahnkranzes nebst Getriebe t, um die Turbinenwelle W gedreht, also gestellt wird.

Die Fig. 568 giebt eine Rundschützenanlage für Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung. Die Turbinenkanäle sind mit T und T, die Leitkanäle mit L und L bezeichnet. Die letzteren ruhen mit einem Mantel m drehbar auf der Fortsetzung des Wasserzuflussrohres. Diese Fortsetzung hat zwei gleichgrosse halbringförmige Schlitze s und s, welche mit den zwei Leitschaufelhälften korrespondiren. Die Regulirung erfolgt demnach durch Drehung des Leitschaufelapparates

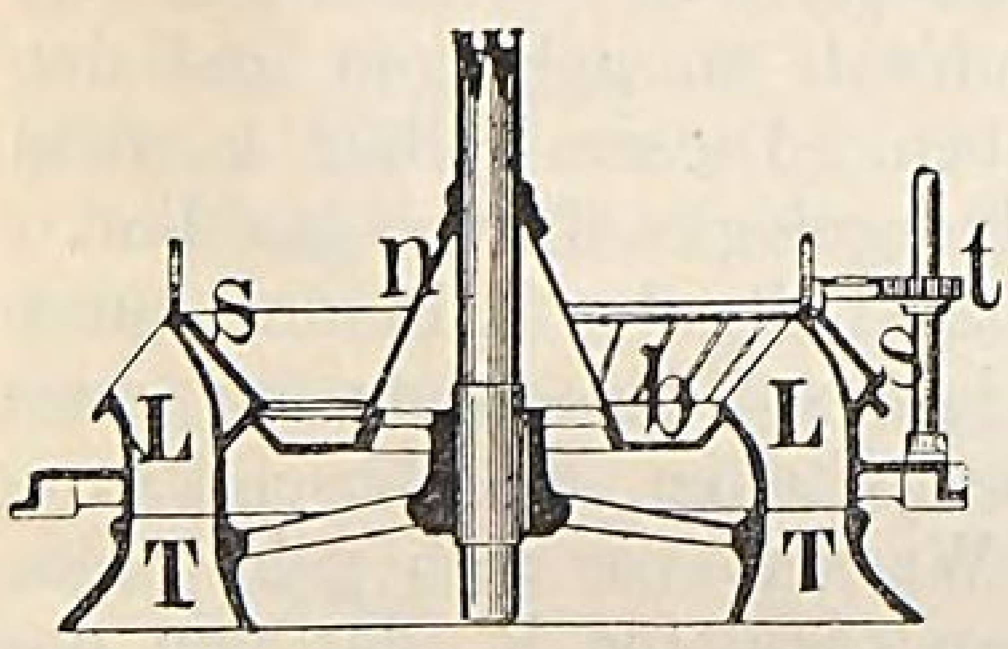


Fig. 567.

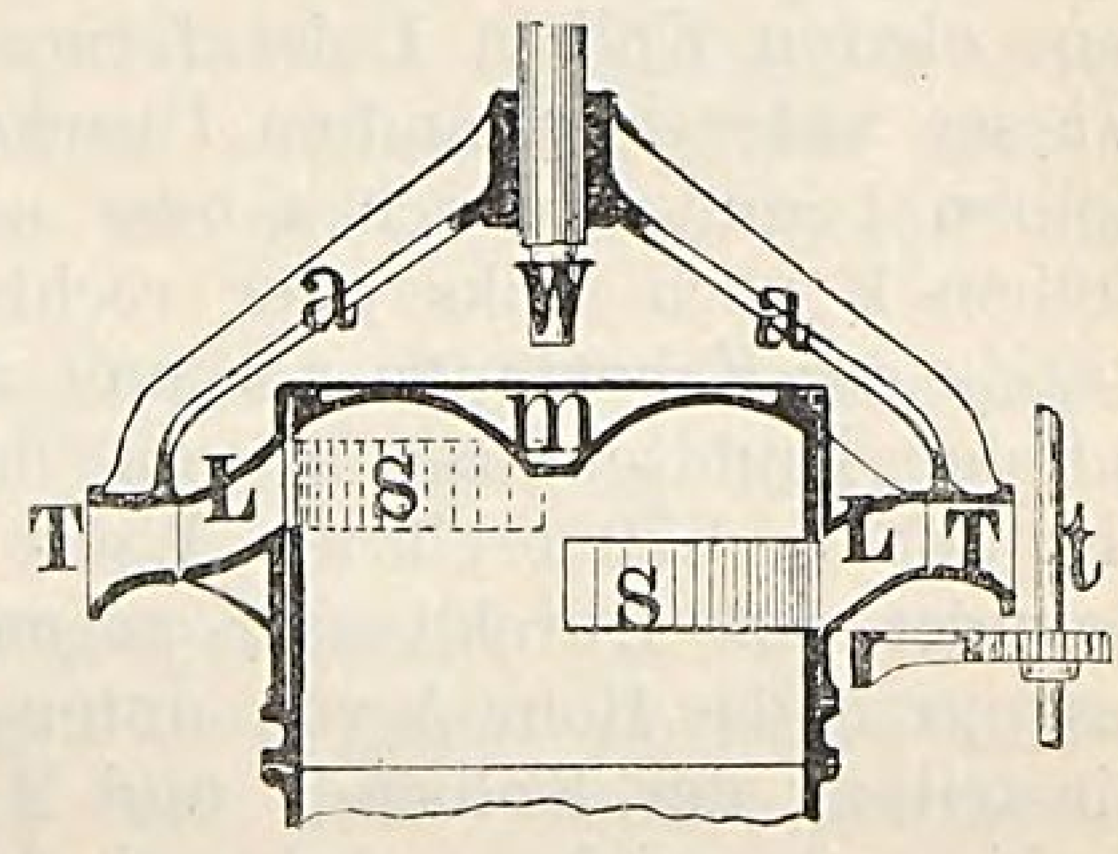


Fig. 568.

m L L um den Cylinder mittels eines Zahnkranzsegmentes durch das Triebrad t. — Für eine Radialturbine mit äusserer Beaufschlagung (Fig. 569) findet dieselbe Anordnung mit der Abänderung Anwendung, dass der Leitapparat feststeht und der Cylinder (Cylinderschieber) sich um denselben dreht.

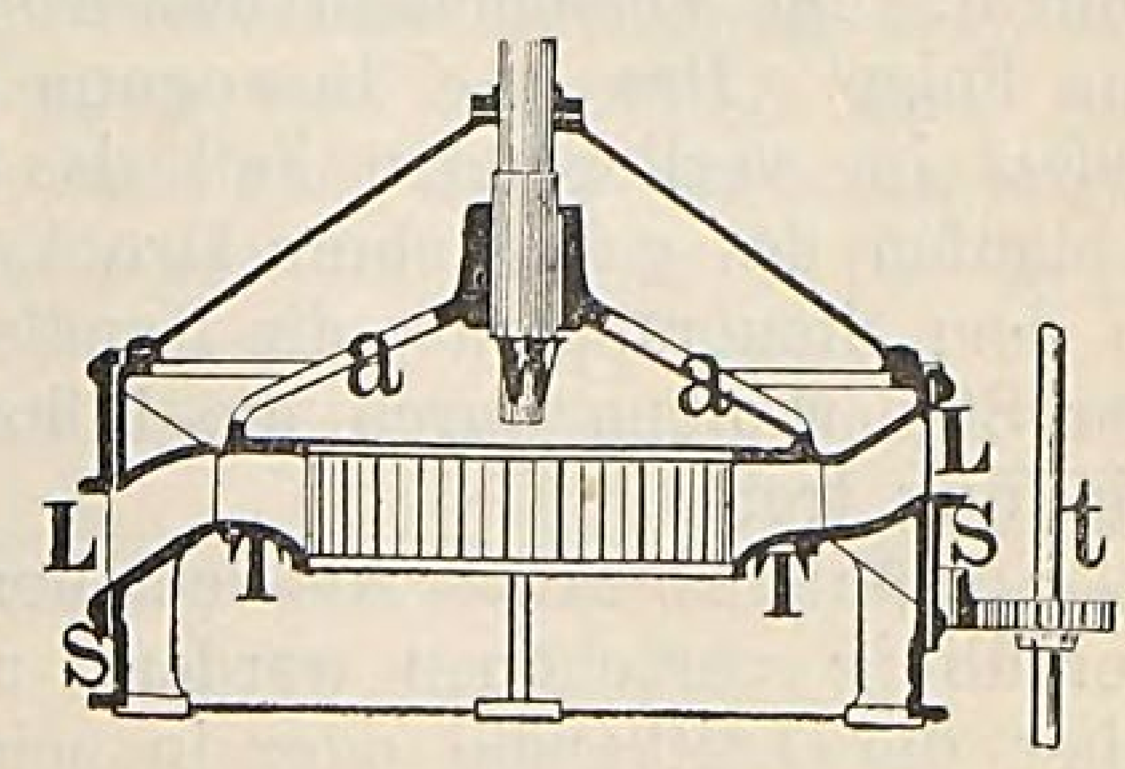


Fig. 569.

Die Einwirkung der Geschwindigkeitsregulatoren (S. 249) zur Regulirung der Turbinen wird in der Regel durch Ein- und Ausrücken von Riementrieben und Räderwerken bethätigt, welche die Änderung in der Beaufschlagung durch Verschiebung von Klappen, Ringschützen etc. bewerk-

stelligen. (Fig. 306 S. 259). Eine Einrichtung, bei welcher diese Einwirkung mit Hilfe eines eingeschalteten hydraulischen Apparates herbeigeführt wird (Lehmann), ist aus Fig. 570 zu erkennen und zwar unter Anwendung eines Rundschützen. Der nebenbei gezeichnete Apparat besteht aus einem kurzen Cylinder c c mit zwei Kolben 1 u. 2, die auf einer gemeinschaftlichen Stange i sitzen und durch das Kugelgewicht q ausgeglichen werden. Von diesem Cylinder gehen zwei Röhren a und c aus, welche in einen grösseren Cylinder C münden. Unter dem oberen Kolben 1 ist ferner eine Öffnung angebracht, durch welche Wasser unter bestimmtem Drucke einströmt, um je nach der Stellung der Kolben 1 und 2 durch a oder c in den Cylinder C zu gelangen und den Kolben k nach links oder rechts zu verschieben. Dieser Kolben k wirkt mittels der Zahnstange z z und eines Zahnradvorgeleges durch das Rad r auf den Rundschützen s s ein, der innerhalb des Leitrades L in der durch Fig. 568 S. 679 erklärten Weise angebracht ist, so dass stets an zwei einander im Durchmesser gegenüber liegenden Stellen die Abschützung des durch das Rohr A von unten eingeführten Wassers vor sich geht. Zur Einstellung der Kolben 1 und 2 dient ein Kugelregulator R, der von der Turbine angetrieben wird und dessen Hülse in der aus der Figur erkennbaren Weise mit der Stange i i verbunden ist. Bei der gezeichneten Mittelstellung der Kolben 1 und 2 sind die Öffnungen a und c beide abgesperrt; die veränderte Geschwindigkeit hat aber ein Steigen oder Fallen der Steuerkolben, ein Verschieben des Kolbens k und ein Drehen des Schützen s s zur Folge. Das zur Bewegung des Kolbens k erforderliche Druckwasser liefert im vorliegenden Fall das Rohr p aus der Hauptleitung A. Zum Ablaufen des gebrauchten Druckwassers aus dem Cylinder C befinden sich in dem Steuerapparate die Kanäle 3 und 4, die bei entsprechender Stellung der Steuerkolben durch die Röhren a und c mit dem Cylinder C in Verbindung treten.

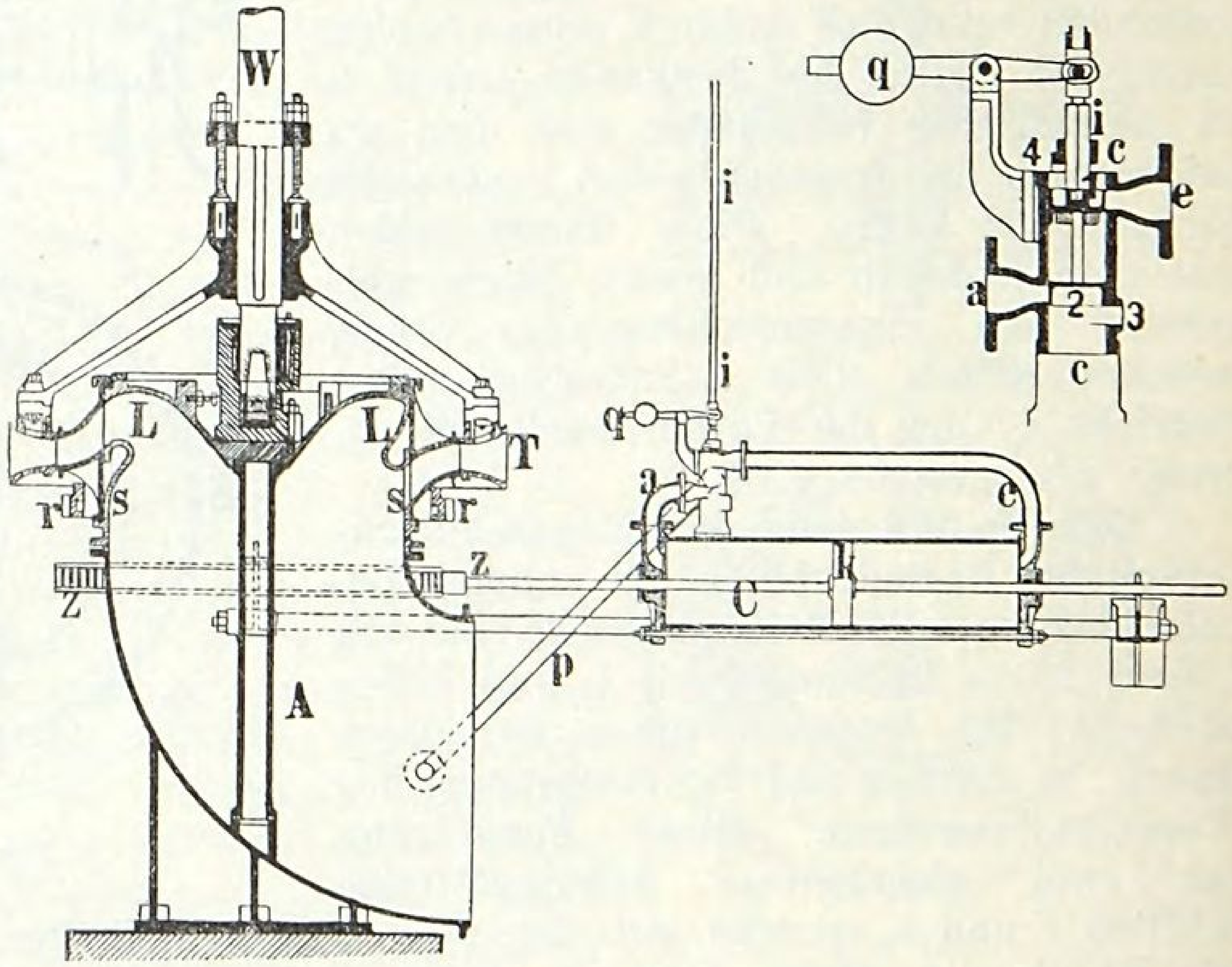


Fig. 570.

5. Schieber. — Als Schieber pflegt man Schützen zu bezeichnen, welche geradlinig verschoben werden, und zwar entweder in radikaler Richtung über die Leitkanäle oder in achsialer Richtung in oder neben denselben.

Die Radialschieber (Fig. 571 I) bestehen aus Platten S, welche mehrere

(2 — 8) Zellen bedecken und mit verschiedenen Mitteln eine Verschiebung in radialer Richtung erhalten. Sehr gebräuchlich ist als solches Mittel

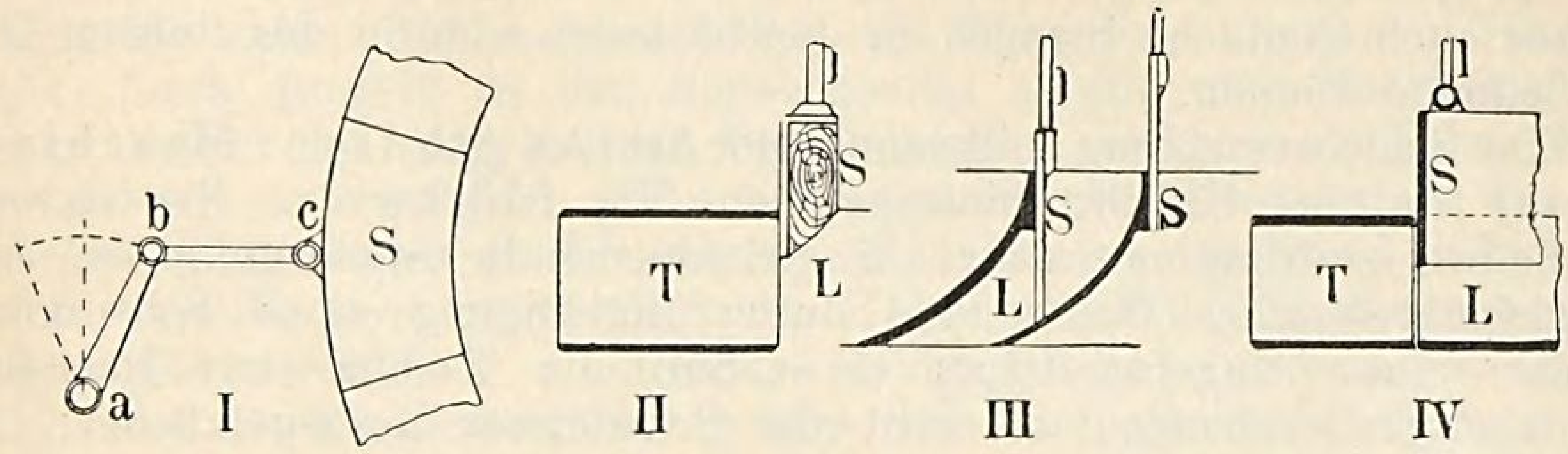


Fig. 571.

ein Hebel a b, der an der Schubstange b c des Schiebers angreift und mit dem Ende a auf einer vertikalen Welle steckt, die oberhalb der Turbine mit einem Handrade oder von einem Regulator gedreht wird. In diesem Fall sind auch Einrichtungen getroffen, dass vom Regulator aus die Schieber dem Bedürfnisse entsprechend der Reihe nach die Leitkanäle schliessen beziehungsweise öffnen. — Ein anderes Mittel zur Bewegung beruht auf der Anwendung eines Zahnkranzes mit Nuten (Fig. 113 S. 65.

Die Achsialschieber (Fig. 571, II, III, IV) werden entweder in die Leitkanäle eingesenkt, um den Querschnitt zu verengen oder in den Spalt zwischen Leitrad und Laufrad eingeschoben, um den Wasseraustritt aus dem Leitrade zu vermindern. Dabei erfolgt die Stellung derselben entweder in sämtlichen Kanälen zugleich oder in einzelnen der Reihe nach. Bei der ersten Art der Stellung vereinigt man die vertikalen, in einem Cylinder stehenden Schieberstangen in einen einzigen Ring, der passend gehoben und gesenkt wird. Als Material zu den Schiebern wählt man vielfach Holz, in der Regel Eisen.

Hölzerne Schieber erhalten in der Regel die in Fig. 571 II gezeichnete Form S, um einen günstigen Eintritt des Wassers aus dem Leitrade L in das Turbinenrad R zu gewinnen.

Die eisernen (Blech) Schieber bleiben gewöhnlich (S Fig. 571 III) ebenflächig und bewegen sich in Führungen quer gegen die Leitschaufeln, so dass der Abschluss durch Aufsetzen auf eine Schaufel stattfindet, Zum Zwecke der Verschiebung sind sie an Stangen befestigt, die in sehr verschiedener Weise bewegt werden, und zwar wie oben angegeben, entweder gleichzeitig oder der Reihe nach oder partienweise, indem mehrere (3—6) Schieber mittels einer Traverse vereinigt und mit einer Zugstange verbunden sind. Die früher allgemein gebräuchliche Bewegung der Zugstangen mittels Schrauben oder Zahnstangen wird neuerdings mehr und mehr durch eine Anordnung verdrängt, welche dem Wesen nach aus einem Kranz K (Fig. 572) besteht, welcher in passender Weise, in der Regel mittels Zahn-, Stirn- oder Kegelräder Antrieb erhält und an der Seite eine herumlaufende Nut n n besitzt, in welche von der Seite her die an sämtlichen Stangen s angebrachten Rollen r s eingreifen. Man erkennt aus dem Verlauf dieser

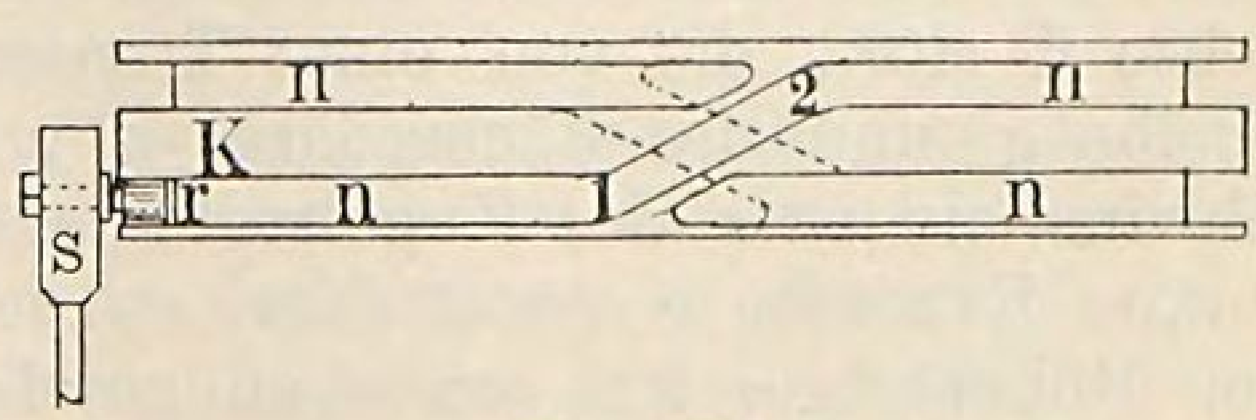


Fig. 572.

Nut, dass bei der Drehung dieses Kranzes K stets zwei einander diametral gegenüberliegende Stangen je nach der Drehrichtung durch die aufsteigende Nutbahn gehoben und gesenkt werden und dass je nach der Stellung des Kranzes auch sämtliche Stangen in der höchsten oder in der tiefsten Lage sich befinden können.

Eine Schieberregelung vollkommenster Art (Augsburger Maschinenfabrik) für eine Girardturbine geht aus Fig. 573 hervor. Sie bezweckt eine Selbstregulirung entweder auf gleichbleibende Geschwindigkeit, oder auf gleichbleibenden Wasserstand durch Bethätigung eines Schwimmers S. oder eines Kugelregulators R. — Soll die Turbine mit konstanter Geschwindigkeit arbeiten, so wird der Schwimmer S ausgeschaltet; soll dagegen die vorhandene Wasserkraft möglichst ausgenutzt werden, was namentlich der Fall ist, wenn die Turbine mit einer Dampfmaschine zusammenarbeitet, wobei letztere die Regulirung der Geschwindigkeit besorgt, so hat der Schwimmer die Aufgabe, den Oberwasserspiegel in gleicher Höhe zu erhalten; der Kugelregulator R dient hiebei nur dazu, durch sein Beharrungsvermögen ein allzuhäufiges Reguliren zu vermeiden.

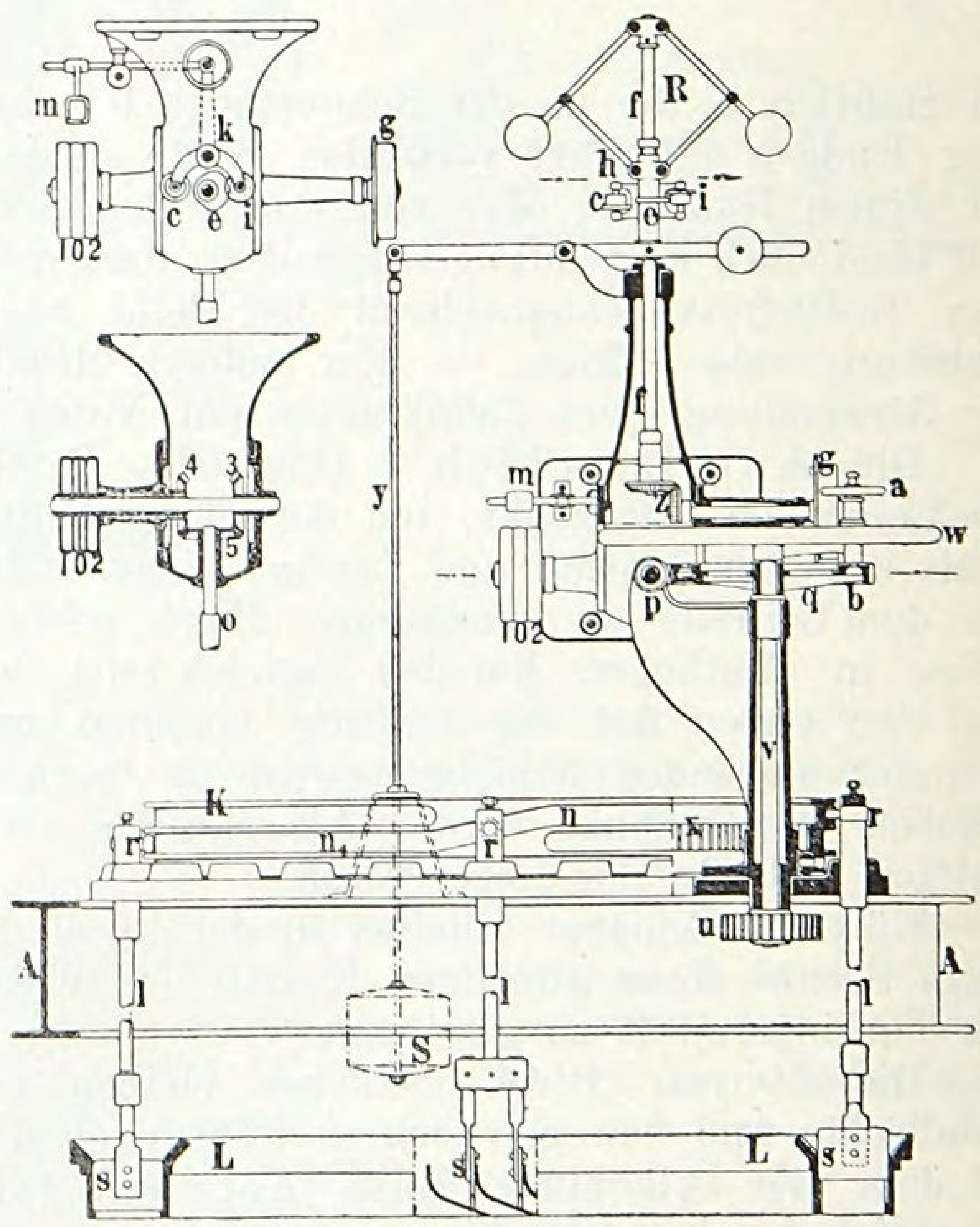


Fig. 573.

Die Regulirung erfolgt bei der gezeichneten Anordnung dadurch, dass durch Drehen des auf Rollen laufenden Kranzes K je nach der Drehrichtung die Rollen r aus der unteren an K befindlichen Rinne n 1 beim Passiren eines schiefen Rinnenstückes n 1—n in die obere Rinne n gelangen, oder bei umgekehrter Drehrichtung aus n nach n 1, wodurch die Stangen l, an welchen die Zapfen der Rollen r befestigt sind und mit l die Absperrschieber s der Leitradzellen gehoben oder gesenkt werden.

Sinkt z. B. der Oberwasserspiegel, oder wird die Geschwindigkeit zu gross, so wird die Hülse h, welche mit Nut und Feder auf der Regulator-Achse ff sitzt, die von einer Transmissionswelle aus mittels der Riemenscheibe g und des Räderpaares z getrieben wird, durch Einwirkung des Schwimmers oder des Kugelregulators gehoben. Das auf der Hülse h befestigte Exzenter e stösst dann an den oberen Rand der Rolle i und dreht den Rollenträger k; von oben gesehen, nach links; mit k ist durch eine senkrechte Achse ein Hebel verbunden, welcher den Riemenleiter m nach

links und hiedurch den betreffenden, von einer anderweitigen Transmission herkommenden Riemen auf die Riemenscheibe 1 schiebt.

Mit 1 sitzt auf gleicher Achse das konische Rad 3, welches mit Rad 5 im Eingriffe steht; auf gleicher Achse mit 0 ist die Schnecke p befestigt, welche durch Eingriff in das Schneckenrad q und eine Stirnräderübersetzung bei u den mit innerer Verzahnung x versehenen Kranz K so lange dreht, bis genügend viele Leitradzellen geschlossen sind, um den Oberwasserspiegel oder die Tourenzahl auf den normalen Stand zu bringen. Ist derselbe erreicht, so sinkt die Hülse h und das Exzenter e stösst auf den Hals der Rolle c, wodurch der Riemenleiter m auf die Leerscheibe o geführt und die Regulirvorrichtung zum Stillstande gebracht wird.

Steigt nun aber der Oberwasserspiegel oder verringert sich die Tourenzahl der Turbine, so sinkt Hülse h und das Exzenter e stösst an den unteren Rand der Rolle c, hiedurch wird der Riemenleiter m auf die Riemenscheibe 2 geleitet; auf der verlängerten Nabe von 2 ist das konische Rad 4 befestigt, welches das Rad 5 und hiedurch in vorhin beschriebener Weise Kranz K so lange in entgegengesetzter Richtung dreht, bis durch Oeffnen von Leitradzellen der normale Zustand wieder hergestellt und die Regulirvorrichtung ausser Thätigkeit gesetzt ist.

Soll die selbstthätige Regulirvorrichtung ausgeschaltet und das Reguliren von der Hand besorgt werden, z. B. beim Anlassen der Turbine, so wird mittels des Handrädchens a der Stein b gelöst, der in eine Nut des Schneckenrades 9 passt und dieses mit dem auf der Achse v festsitzenden Handrad verbindet; das Oeffnen oder Schliessen der Leitradzellen kann dann durch Drehen des Handrades w erfolgen.

Über die Anwendung der vorher beschriebenen Stellapparate bezüglich der Regulirung der Überdruckturbinen ist zu bemerken, dass der einzig richtige Weg in einer gleichzeitigen Veränderung sämtlicher Durchflusskanalquerschnitte in ihrem ganzen Verlauf durch Leitrad und Laufrad proportional der zu benutzenden Wassermenge besteht. In diesem Fall bleiben die richtigen Geschwindigkeiten und damit der Wirkungsgrad erhalten. — Am wenigsten ist daher ein namentlich früher häufig angewendeter Schützen brauchbar, der am Ausfluss des Abfallrohres einer Turbine (Fig. 575 S. 685) angebracht wird, weil dadurch nur die geringe Gefällshöhe, entsprechend der kleinen Wassergeschwindigkeit, nutzbar gemacht, also ein kleiner Wirkungsgrad erreicht wird.

Ein anderes Mittel besteht in der Teilung der Leit- und Laufräder in 2 oder 3 Teile durch Wände, so dass bei Achsialturbinen mehrere Kränze (zwei- u. s. w. kränzige Turbinen), bei Radialturbinen mehrere Fächer übereinander (Etagen) gebildet werden, und Absperrung einzelner Kränze oder Etagen z. B. durch Ringschützen oder Achsialschieber. — Die Anwendung dieses Mittels gestattet keine Regulirung entsprechend der vorhandenen Wassermenge, sondern nur in sehr beschränkter Weise nach abgegrenzten Abschnitten und ist demnach nur in besonderen Fällen zu empfehlen.

Die vollkommenste Regulirung einer Überdruckturbine ist dadurch erreicht, dass man das Leit- und Schaufelrad konzentrisch, als Radialturbine, mit innerer Beaufschlagung anordnet und das Leitrad so einrichtet, dass es innerhalb des Laufrades beliebig höher und tiefer gestellt werden kann, während sich zugleich mit dem Leitrade innerhalb der Laufradzellen ein-

gepasste horizontale Wände in der Weise auf und ab bewegen, dass sie mit der oberen Leitradkante in gleicher Höhe bleiben. Die gebräuchlichste Anordnung dieses Regulirapparates (Nagel & Kämp) geht aus Fig. 574 hervor. Das Turbinenrad T erhält mit Hilfe der gewölbten Decke D seine feste Verbindung mit der Turbinenwelle. Das ebenfalls abgedeckte, innerhalb des Turbinenrades sitzende Leitrad L ist dahingegen auf und ab beweglich, um beliebige Füllungsgrade des Turbinenrades durch Vergrösserung oder Verkleinerung der Höhe des Wasserstrahles zu ermöglichen. Ferner befinden sich zwischen dem oberen und unteren Kranze des Laufrades, in die Zellenräume genau eingepasst, die Platten e und zwar mit den Aussenkanten unmittelbar an die Decke E angenietet, an den Innenkanten mit einem Ring r aus Winkeleisen verbunden, der mittels Tragstangen i i an die Decke E angehängt ist, so dass die Decke mit diesen Platten eine Krone bildet, welche gleichmässig mit dem Leitrad auf und ab bewegt werden kann. Dadurch wird die Wirkung erzielt, dass bei jeder Wassermenge sowohl die Leitrad- als Laufradkanäle gefüllt bleiben und die Wasserführung aus dem Leitrade in das Laufrad stets gleich bleibt.

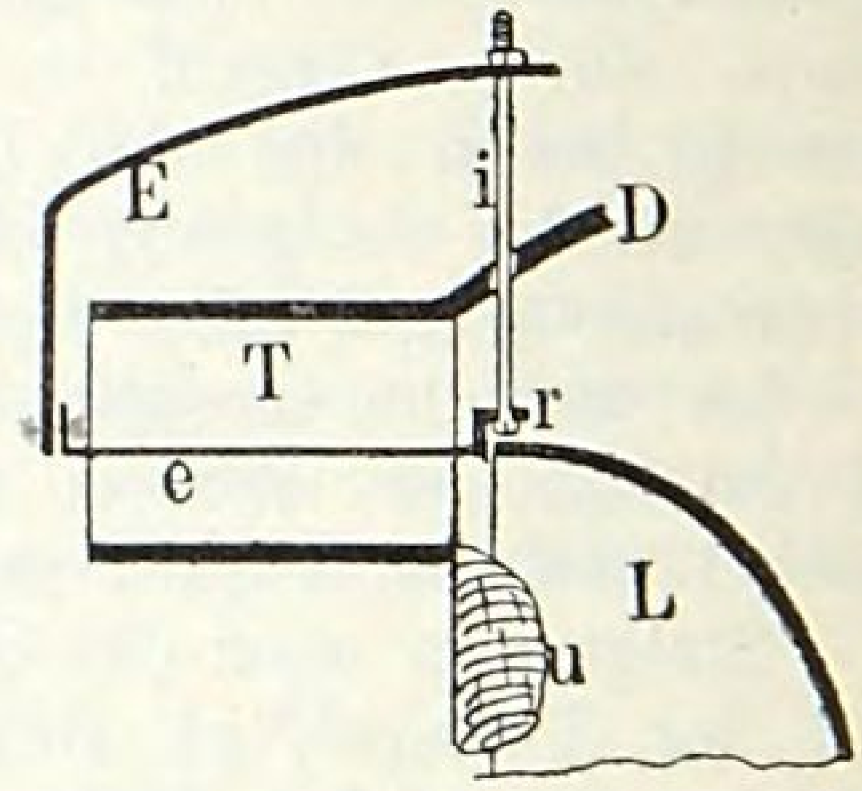


Fig. 574.

C. Turbinensysteme.

Infolge der verschiedenen Wasserzuführungsmethoden einerseits und der verschiedenen Wasserwirkungen anderseits ist die Zahl der Turbinenanordnungen nach und nach, namentlich auch um den einzelnen Betriebsverhältnissen gerecht zu werden, zu einer bedeutenden angewachsen. Zum Zwecke einer Übersicht erscheint es jedoch ausreichend, die sämtlichen Turbinen in zwei Klassen zu teilen, in

1. Turbinen ohne Leitschaufelapparat und
2. Turbinen mit Leitschaufelapparat

und innerhalb dieser Klassen nach der Richtung, in welcher das Wasser die Turbinen durchfliesst, weitere Unterabteilungen zu bilden.

1. Turbinen ohne Leitschaufelapparat.

Obwohl zur Erzielung einer möglichst grossen Wirkung die Verwendung von Leitschaufeln unerlässlich ist, so können doch die Turbinen auch solche Formen bekommen, dass das Wasser ohne Leitflächen direkt aus dem Zuflusskanal in das Laufrad fliesst und an dieses Arbeitsvermögen abgiebt. Dadurch sind die Turbinen ohne Leitschaufeln entstanden, welche sich durch grosse Einfachheit auszeichnen und aus diesem Grunde, unter Verzicht auf einen hohen Wirkungsgrad, in manchen Fällen vorgezogen werden, namentlich wenn grosse Gefälle mit kleinen Wassermengen zur Verfügung stehen.

Als Grundlage dieser Turbinengattung ist die in Fig. 575 dargestellte, sog. Schottische- oder Whitelaw-Turbine, anzusehen. Das Turbinenrad TT besteht aus drei (mitunter zwei oder vier) gekrümmten Schwungarmen A von rechteckigem, dem Ausgange zu sich verengendem Querschnitte,

welche sich mittels einer langen Nabe um die auf P ruhenden Säule S drehen, durch den Armteller F mit der Turbinenwelle W verbunden und durch Stopfbüchsen gegen die Tragsäule S abgedichtet sind. Die Aufstellung ist eine sogenannte umgekehrte, indem das Aufschlagwasser von unten her durch das Rohr O in das Rad tritt, wo es infolge der gewölbten Form ohne plötzliche Richtungsänderung in die Arme gelangt. Diese Turbine wird als Überdruckturbine gebaut, weshalb die nach einer archimedischen Spirale gekrümmten Kanäle eine Querschnittabnahme bedingen. Zur Dichtung des Spaltes ist unterhalb des Randes ein Ring R angebracht, der innerhalb des Zuleitungsrohres O gehörig durch eine Bramah-Liderung abgedichtet, in der Achsenrichtung sich verschiebt, und infolge des Wasserdruckes von unten her mit dem oberen Rande gegen den unteren Rand des Laufrades T gepresst wird.

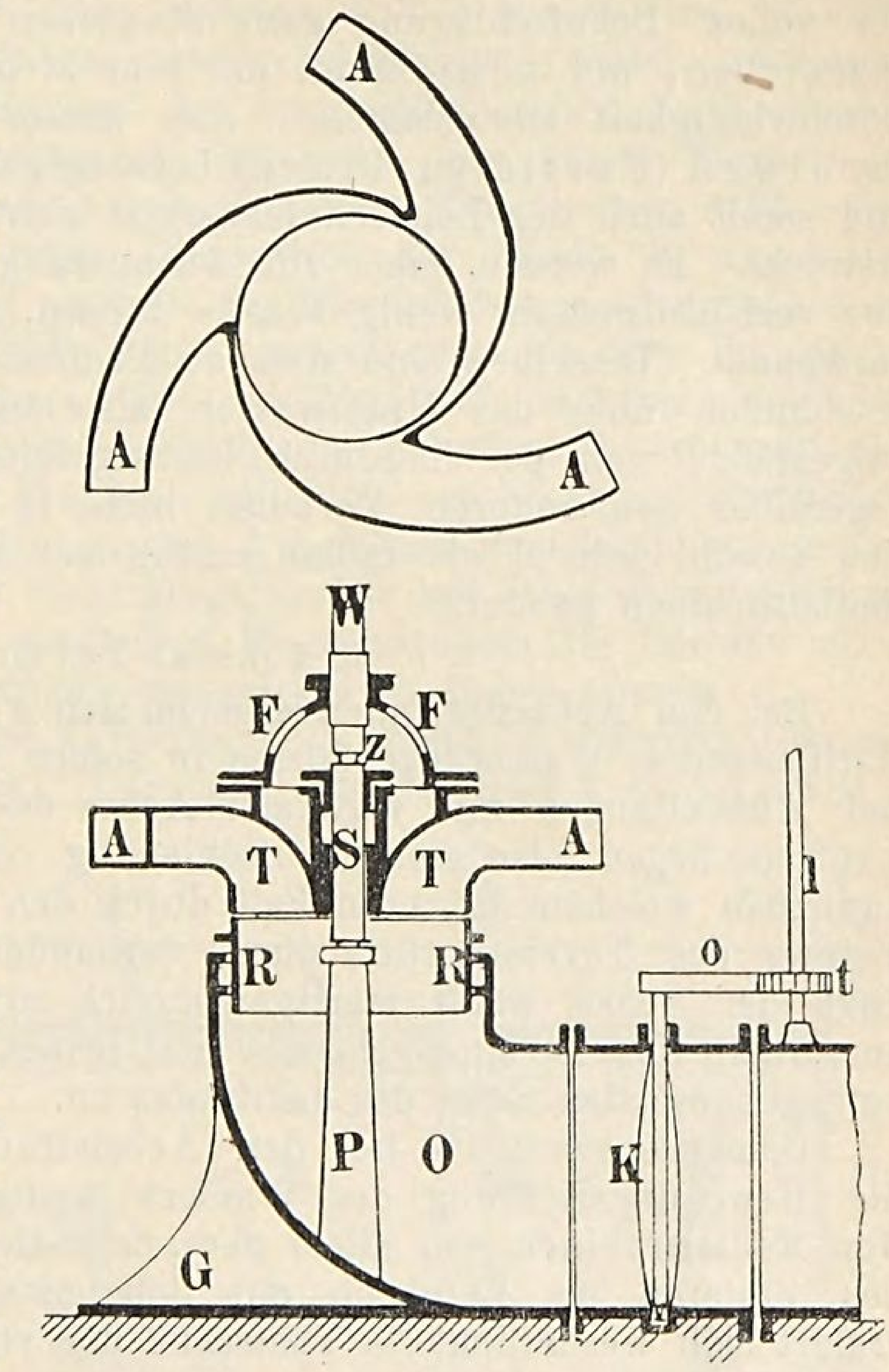


Fig. 575.

Die in dem Zuleitungsrohre O vor der Turbine angebrachte Drosselklappe K kann nur zum Aufstauen des Wassers in dem Rohre oder zum Abschluss desselben und nicht zum Reguliren gebraucht werden, weil sie eine Querschnittsverengung und somit eine unregelmässige Bewegung des Wassers beim Eintritte in das Rad hervorbringen würde. Ihre Bewegung erfolgt von oben her durch Drehung einer Welle l mit dem Trieb t, das in den Zahnbogen o eingreift.

Mitunter erhalten die schottischen Turbinen eine Aufstellung mit horizontaler Welle.

2. Turbinen mit Leitschaufelapparat.

Die Turbinen mit Leitschaufeln bilden die Regel, weil sie allein die vorteilhafteste Ausnutzung der Wasserkraft ermöglichen und sich den verschiedensten Verhältnissen anpassen lassen. Zur weiteren Einteilung derselben gelangt man durch Zugrundelegung der Wasserbewegung, wonach Achsialturbinen und Radialturbinen (S 665) unterschieden werden und zwar mit Rücksicht auf die Beaufschlagung als Voll- oder Teilturbinen. — Jede Turbine erhält eine bestimmte den Kraftwasserverhältnissen entsprechende Umfanggeschwindigkeit, mit welcher gewöhnlich eine gewisse Zahl von Umdrehungen, also auch ein bestimmter Raddurchmesser in

Einklang steht. Hat man demnach zum Betriebe von Turbinen nur wenig Wasser, aber grosses Gefälle zur Verfügung, so ist es zweckmässig, von der vollen Beaufschlagung ganz abzusehen und eine Teilbeaufschlagung anzuordnen, um nicht Räder mit sehr kleinem Durchmesser und grosser Geschwindigkeit zu erhalten. Aus diesen Erwägungen sind die Teilturbinen (Partialturbinen) hervorgegangen, bei welchen der Einlauf und somit auch der Leitschaufelapparat sich nur auf einen Teil des Rades erstreckt. Es werden daher zur Ausnutzung hoher Gefälle, wenn dieselben nur verhältnismässig wenig Wasser führen, fast ausschliesslich Teilturbinen verwendet. Dieselben sind stets als Druckräder zu konstruiren und werden gewöhnlich über das Unterwasser, also zur Ausströmung in freier Luft aufgestellt, weil der hierdurch herbeigeführte geringe Verlust an Gefälle gegenüber den anderen Vorteilen nicht in Betracht kommt. Sie lassen sich sowohl achsial als radial ausführen, werden aber in der Regel als Radialturbinen gebaut.

a. Achsial-Turbinen.

Bei den Achsialturbinen ergeben sich wegen der in der Achsenrichtung stattfindenden Wasserdurchflusses in sofern verschiedene Anordnungen, als bei Aufstellungen mit vertikaler Achse das Leitrad über oder unter dem Laufrade liegen, also eine Beaufschlagung von oben oder von unten erfolgen kann, in welchem letzteren Fall durch den Druck des Wassers eine Entlastung des Turbinenstützzapfens vorhanden ist. Bei einer horizontalen Lage der Achse wählt man gewöhnlich zur Lagerung einen Kammzapfen ausserhalb des Turbinengehäuses und bringt das Leitrad an der der Welle entgegengesetzten Seite des Laufrades an.

Bemerkenswert ist bei den Achsialturbinen noch der Umstand, dass die Bewegungsrichtung des Wassers weniger Ablenkung erleidet als bei den Radialturbinen, vor allem aber, dass die Ausführung und Aufstellung des ersteren im Vergleich mit den letzteren einfacher ausfällt. Hieraus erklärt sich wesentlich die Thatsache der vorherrschenden Anwendung der Achsialturbinen.

Eine wegen ihrer Einfachheit sehr beliebte und daher vielfach ausgeführte Achsialturbinen-Anlage ist in Fig. 576 dargestellt. Das Laufrad T befindet sich unter dem Leitrad L, so dass die Beaufschlagung von oben erfolgt, indem das Wasser auf direktem Wege aus dem Obergraben O in die Turbinenkammer K und von hier durch die Turbine in den Unterwassergraben U fliesst. Das Laufrad ist auf der aufrechten Turbinenwelle W festgekeilt, welche, von einem Spurzapfen z und einem Kammzapfen k gestützt und geführt, vermittelst der Kegelräder Z das Arbeitsvermögen unter Uebersetzung der Geschwindigkeit ins Doppelte, auf die horizontale Welle H überträgt. Zur Vermeidung jeder gegenseitigen Lageveränderuug zwischen Leitrad

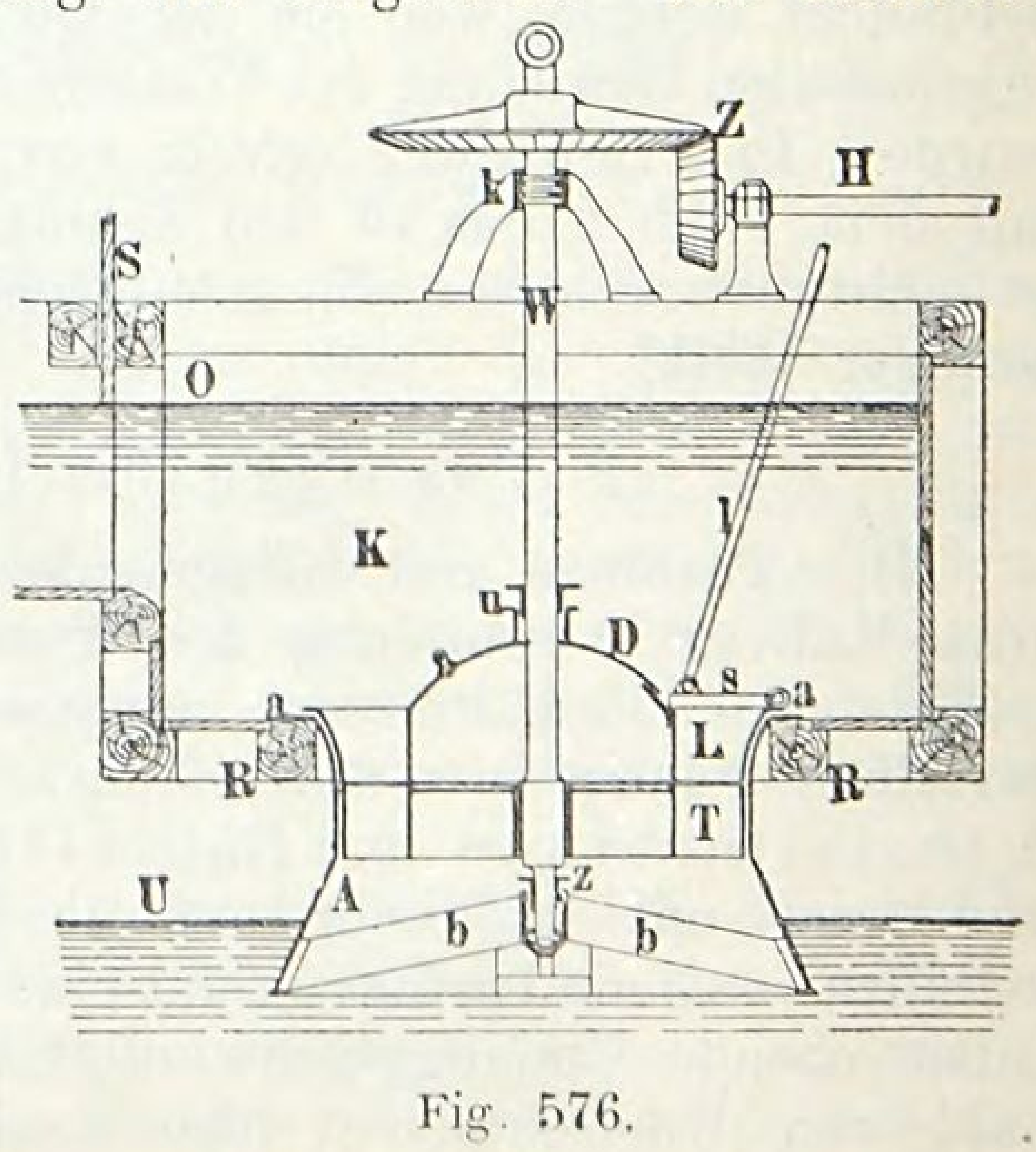


Fig. 576.

und Laufrad, erhalten beide Räder eine gemeinschaftliche Grundlage in dem gusseisernen Gehäuse A A, welches unter den Unterwasserspiegel reicht und mit einem Rande a a auf einem Rahmen R R befestigt wird, welcher zugleich mit dem Belag den Boden der Turbinenkammer bildet. In diesem Gehäuse befindet sich zur Aufnahme des Spurzapfenlagers z ein Armkreuz b b, während das Leitrad genügend eingepasst, mit einem Flansch auf dem Rande a a dieses Gehäuses durch Schrauben festgehalten wird. Der Abschluss des Oberwassers beim Durchtritte der Welle W durch den Deckel D des Leitrades erfolgt mittels der Stopfbüchse u oder auch eines Lederstulps, oder eines auf den Deckel aufgesetzten bis über den Oberwasserspiegel reichenden Rohres, wie in Fig. 577 sichtbar ist. Die Regulirung des Wasserzuflusses vermittelt der Schützen S, während die Regulirung der Turbine durch Klappe s mit Hilfe von Stangen l stattfindet.

Die beschriebene Aufstellung der Achsialturbinen wird gewöhnlich gewählt, wenn das Gefälle 6 *m* nicht überschreitet und dabei darauf gesehen, dass zur Vermeidung eines schädlichen Wasserstrudels die Turbine selbst mindestens 1,5 *m* unter dem Oberwasserspiegel zu liegen kommt.

Die in Fig. 577 gezeichnete Achsialturbine weicht in mehreren Punkten von der vorigen erheblich ab. Zunächst sind Laufrad T und Leitrad L zweiteilig (Doppelturbine), d. h. aus je zwei Kränzen hergestellt, wovon der innere als Druckrad, der äussere als Überdruckrad ausgeführt ist. Zulässig ist diese Anordnung, wenn die Geschwindigkeit der Überdruckturbinen etwa im Verhältnisse von 4 zu 3, grösser die Geschwindigkeit der Druckturbine ausfällt, und vorteilhaft bei sehr veränderlichem Wasserstand. Man schliesst für kleine Wassermengen das Überdruckrad durch Niederlassen des Ringschützen auf die Leitkanäle desselben vollständig ab und regulirt das Druckrad durch die Schieber s s.

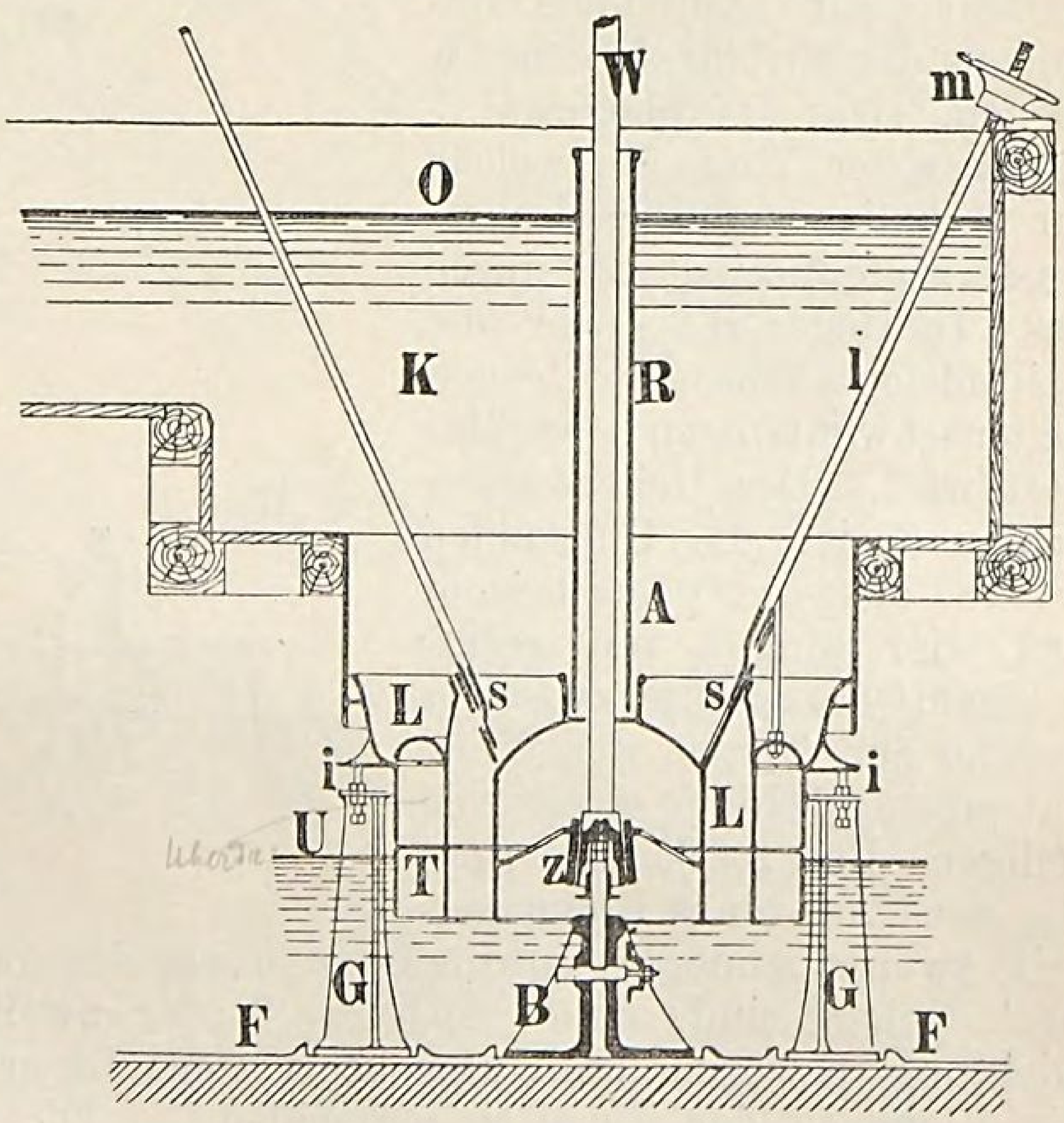


Fig. 577.

Ist die für die volle Beaufschlagung des Überdruckrades erforderliche Wassermenge vorhanden, so zieht man den Ringschützen in die Höhe und schliesst die Kanäle des Druckrades durch die Schieber s s ab. Bei weiterer Steigerung der Wassermenge können die letzteren wieder nach Bedürfnis geöffnet werden. Zur Bewegung dieser Schützen dienen die hohlen Stangen l (aus Gasröhren), welche eine Ventilation der nicht beaufschlagten Zellen bewirken und oben mit Gewinden versehen sind,

die in den mit Handrad ausgestatteten Muttern m sich auf und ab schieben lassen. In neuerer Zeit erfolgt diese Einstellung öfter mittels Hubnuten.

Zur Stützung der Turbinenwelle ist sodann ein Bock B auf einer Fundamentplatte FF befestigt, der den Spurzapfen z der Turbinenwelle aufnimmt. Um diesen Bock stehen auf derselben Platte im Kreise noch vier Böcke G G zum Tragen des Leitapparates L L, der zum Zwecke einer genauen Einstellung zum Turbinenrade auf Stellschrauben i i ruht. Ausserdem ist in dem Bocke B noch ein Stellkeil vorhanden, der eine Ausgleichung des durch Abnutzung der Spurplatte und des Spurzapfens zwischen Leit- und Laufrad entstehenden Spielraums ermöglicht. Die Überführung des Wassers aus der Turbinenkammer K in den Leitapparat L erfolgt durch den Cylinder A A, in welchem die Abdichtung des ersteren mittels eines in einer herumlaufenden Nut desselben eingelegten Lederstulps stattfindet, während zur Abdichtung des Leitrades gegen die Turbinenwelle W das Rohr R angebracht ist.

In Fig. 578 ist eine Achsialturbine vor Augen geführt, bei welcher ebenfalls das Leitrad L über dem Laufrade T liegt und zwar getragen und in der Lage festgehalten von eisernen Trägern t t, welche zugleich zur Aufnahme des Bodens der Turbinenkammer K dienen. Das Turbinenrad T hängt an der Welle W, welche ihr Hauptlager bei E (Ueberwasserzapfen) erhält und durch das Halslager H sowie die Leitradstopfbüchse u gegen Seitenschwankungen verhindert wird. Der Ueberwasserzapfen E ist als Ringzapfen (S. 18) ausgeführt und besteht aus vier Ringen von rechteckigem Querschnitte, zwischen welche zum Tragen der Welle entsprechende Ringe einer zweiteiligen Bronzeschale treten, die nach Art eines Kompasses mit zwei einander rechtwinklig schneidenden Zapfenpaaren auf den Tragbock gelegt sind, damit sich die Turbinenwelle ohne Zwang nach jeder Richtung bewegen und umgekehrt, das Lager sich einstellen kann, um ein Klemmen der Ringe zu vermeiden. — Die Regulirung dieser Turbine bewirkt ein Rundschützen s s (S. 679 Fig. 566) der an einem Rohre R hängt, das die Turbinenwelle umgiebt und vermittelst des Schneckengetriebes bei C gestellt wird. Da bei der durch diese Regulirung bedingten partiellen Beaufschlagung darauf gesehen werden muss, dass der Austritt des Wassers aus den Radkanälen durch eine Luftverdünnung in den geschlossenen Leitkanälen gehemmt wird, so sind zum Zwecke der Verbindung dieser Räume mit der Atmosphäre die Röhren r angebracht.

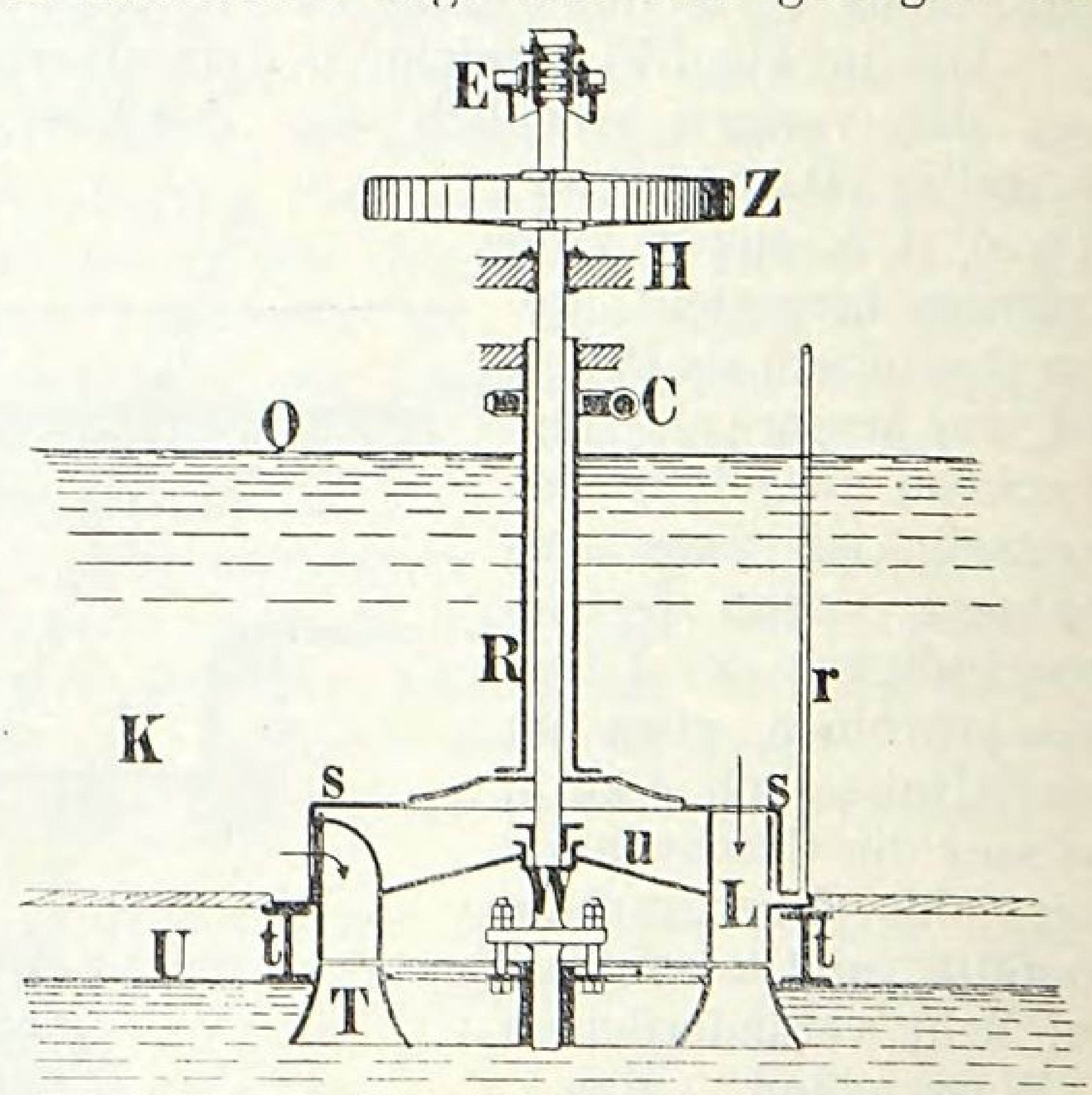


Fig. 578.

Beträgt das Gefälle mehr als 6 m so bekommt bei den durch Fig. 576—578 dargestellten Anlagen die Turbinenwelle ein so grosses

Gewicht, dass die Turbinenzapfen übermässig belastet werden. Um in diesem Fall eine kurze Turbinenwelle zu erhalten, schlägt man folgende Wege ein:

1. Man bringt die Turbine auf dem oberen Rande eines vertikalen Rohres an, welches zwischen Turbinenkammer und Unterwasser die Verbindung vermittelt (Saugrohr S. 667);

2. Man wählt die umgekehrte Aufstellung, wobei die Turbine von unten beaufschlagt wird;

3. Man giebt der Turbinenwelle eine wagrechte Lage.

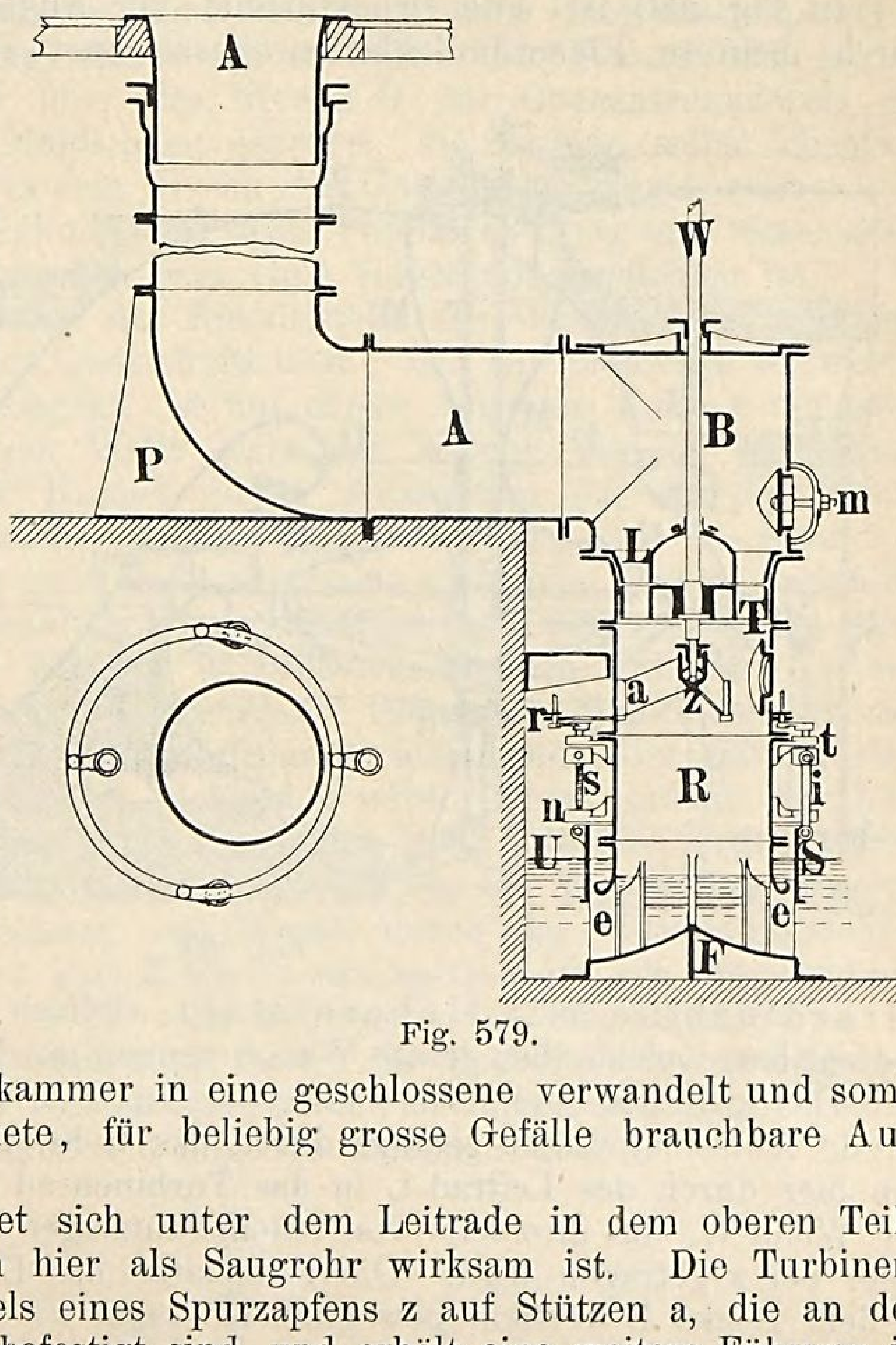


Fig. 579.

Da man bei der ersten Anordnung dem Saugrohre höchstens 6 *m* Länge geben soll, so findet sie die Grenze ihrer Anwendung bei etwa 12 *m* Gefälle (6 *m* Wellenlänge + 6 *m* Saugrohr). Für Gefälle von mehr als 12 *m* wird daher die offene Turbinenkammer in eine geschlossene verwandelt und somit die in Fig. 579 gezeichnete, für beliebig grosse Gefälle brauchbare Aufstellung gewonnen.

Die Turbine befindet sich unter dem Leitrade in dem oberen Teile des Rohres R, das auch hier als Saugrohr wirksam ist. Die Turbinenwelle W stützt sich mittels eines Spurzapfens z auf Stützen a, die an der Wand des Saugrohres R befestigt sind, und erhält eine weitere Führung in den Stopfbüchsen der Leitrad- und Turbinenkastendeckel, wodurch eine kurze Turbinenwelle möglich wird. Zur Wasserzuführung dient das Rohr AA, welches seitwärts in den Turbinenkasten B einmündet, der bei m ein Mannloch erhält. Der Ausfluss des Wassers erfolgt am unteren Ende des Saugrohres, indem für die Stützung des letzteren nur dünne, radiale Stege e e vorhanden sind, welche den Durchmesser wenig verengen und zugleich zur Führung des Ringschützen S dienen, der notwendig ist, um das Wasser zwischen Unterwasser- nnd Oberwasserspiegel in der Leitung aufzustauen und abzuschliessen. Zur Einstellung dieses Schützen S hängt man denselben mit Schienen i i an Muttern t t von vier Schraubenspindeln s auf, die sich auf Konsolen n stützen und somit durch Drehung den Schieber gleichmässig heben. Zu dem Zwecke erhält, wie die Nebenfigur zeigt, jede Spindel s eine kleine Kurbel; die Zapfen dieser vier Kurbeln liegen in einem Ringe r, so dass durch Drehung einer Kurbel vermittest einer nach oben gehenden Stange oder überhaupt durch Drehung des Ringes r die sämt-

lichen Kurbeln mitgedreht werden. — Statt der Kurbeln erhalten diese Stützschrauben auch häufig Zahnrädchen, die in ein grösseres Zahnrad eingreifen.

In Fig. 580 ist eine Druckturbine vor Augen geführt, welche sich durch mehrere Eigentümlichkeiten auszeichnet und unter dem Namen

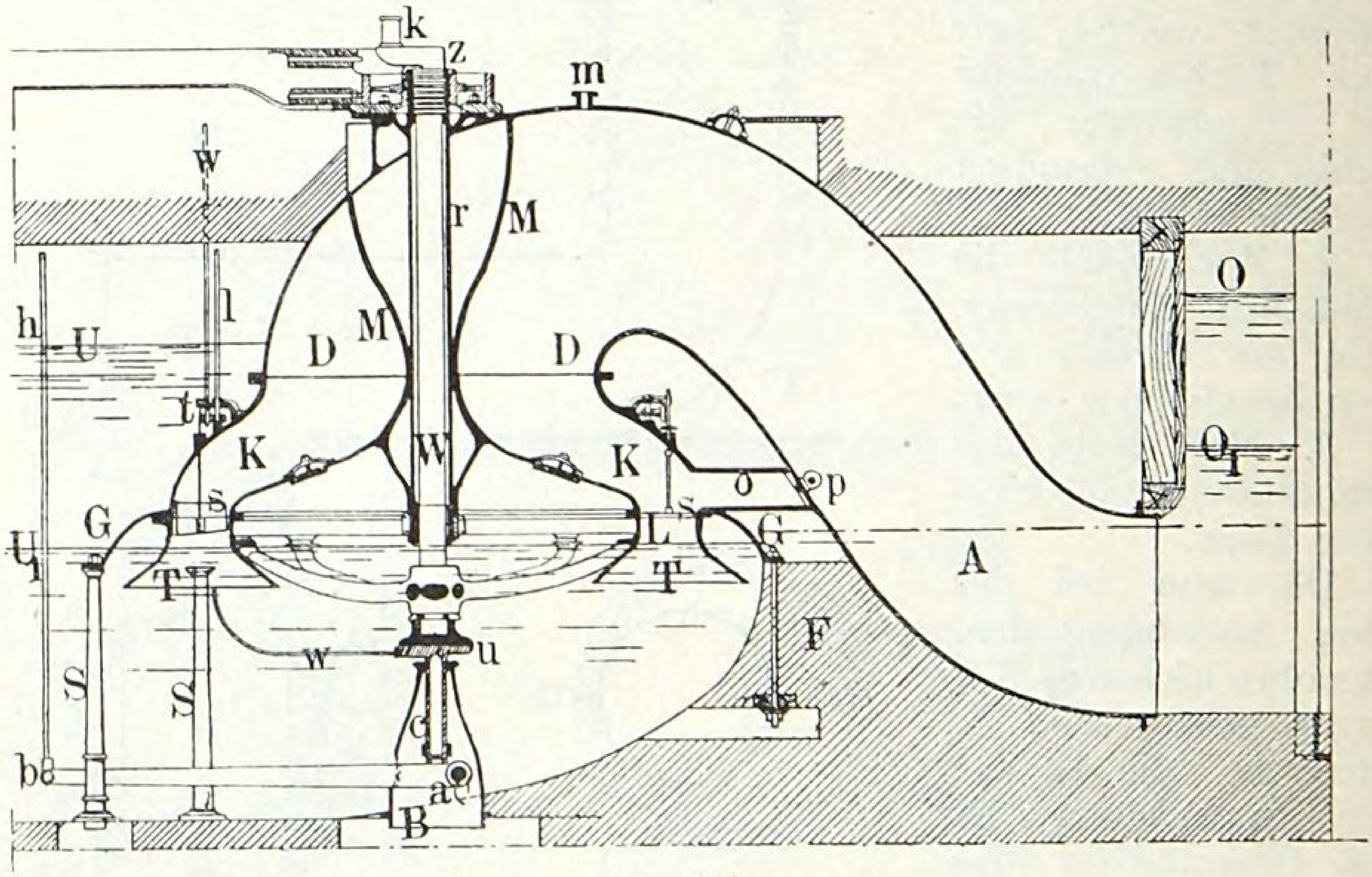


Fig. 580.

G i r a r d t u r b i n e m i t H e b e r e i n l a u f vielfach als Muster zu Anlagen gedient hat, welche über grosse Wassermengen mit kleinen Gefällen verfügen.

Das zwischen den Oberwasserspiegeln O und O_1 in der Höhe wechselnde Aufschlagwasser gelangt durch das Rohr A in die Kammer K und von hier durch das Leitrad L in das Turbinenrad T. Das letzere sitzt auf der Welle W, die ihrerseits von einem Stützlager bei u und einem Kammlager bei z getragen wird. Die Fussplatte des Lagers u ruht auf einem in dem Bocke B vertikal beweglichen Träger c, der sich auf den Hebel a b aufsetzt, so dass durch Hebung dieses Hebels vermittelst der Stange h von einem Handrade aus der Abstand zwischen der mit der Welle verbundenen Laufplatte und der Fussplatte auf das genaueste eingestellt werden kann. Mit Hilfe des Rohres w gelangt Wasser unter der Pressung einer Wassersäule von 55 *m* zwischen diese Platten, so dass der Raum zwischen demselben mit Wasser gefüllt, somit das Kammlager bei z entsprechend entlastet wird, indem dieser Druck genügt, das Gewicht der Turbinen (15300 *kg*) zu heben. Zugleich reicht die dünne Wasserschicht aus, den Reibungswiderstand fast gänzlich zu beseitigen.

Der Leitschaufelapparat L besteht aus einem Kranz, der mittels Flanschen an dem unteren Rande der Kammer K befestigt ist. Die Regulirung erfolgt durch Klappen s nach dem Systeme Fig. 563 II, S. 677, deren Stangen dadurch bewegt werden, dass sie mit Zapfen versehen sind, die, wie S. 681 Fig. 572 beschrieben ist, in die Nut eines Ringes eingreifen, der durch ein Trieb von der Stange l aus gedreht wird.

Wie die Figur erkennen lässt, hat das Wasserzufuhrrohr A die Form

eines Hebers, der sich bei K K zu einer ringförmigen Turbinenkammer ausbildet, die sodann sich bei G G zu einer Glocke erweitert. Diese Glocke ruht zur Hälfte auf dem Mauerwerke F, zur Hälfte auf den drei Gusseisensäulen S, so dass ihr unterer Rand stets unter dem Unterwasserspiegel U liegt. Durch Anwendung dieses Hebers wird das Wasser auf seinem Wege nach der Turbine über das Niveau O des Oberwasserspiegels gehoben und dadurch die Möglichkeit gegeben, die Turbine selbst ebenfalls sehr hoch, nämlich fast in dem Niveau des Unterwasserspiegels anzuordnen, um hiermit die Notwendigkeit einer tiefen Fundamentirung und eines tiefen Oberwassergrabens zu umgehen, was ohne Heber ausgeschlossen ist.

Der Heber A K ist bei der Eintrittstelle des Wassers oval und geht allmählich in einen runden Querschnitt über. Die Turbinenwelle W, welche durch den Heber hindurchgeht, ist mit einem zentralen Rohre r umgeben, das sowohl zum Schutz der Welle gegen das Wasser, als zur Verbindung der Heberkrone mit der Kuppel dient. Ausserdem ist um das Rohr r noch ein Mantel M angebracht, um den Stoss des Wassers auf das Rohr r zu verhüten, der zugleich so geformt ist, dass eine schädliche Zusammenziehung des Wassers infolge allmählicher Querschnittsveränderung vermieden wird.

Zum Einlassen des Wassers ist selbstverständlich zunächst in dem Heber eine Luftverdünnung zu erzeugen. Hierzu ist eine kleine hydraulische Maschine mit einer Kolbenluftpumpe aufgestellt, die mittels eines Rohres mit dem Mundstück m verbunden wird. Damit infolge der Luftverdünnung keine Luft von unten durch den Spalt eintreten kann, werden bei niedrigem Wasserstande während des Füllens die Regulirklappen s geschlossen und durch Zulassen von Wasser durch das Verbindungsrohr o abgedichtet, welches durch eine Klappe p abzusperren ist, um die Turbinenkammer ganz wasserfrei, z. B. beim Besteigen, zu bekommen. Zwei bei n n sichtbare Mannlöcher machen das Innere der Glocke, die untere Lagerung u. s. w. zugänglich. Die vorstehende Turbine zeichnet sich ausserdem durch eine bedeutende Grösse aus, wie folgende Zahlen zeigen.

Die Wassermenge beträgt 15 bis 20 *cbm* in der Sekunde bei einem Gefälle, das zwischen 0,42 bis 0,9 *m* wechselt. Der mittlere Raddurchmesser bemisst sich auf 4,6 *m*; jedes Rad hat 120 Kanäle von je 10 *cm* lichter Weite. Das Laufrad macht dabei 9 bis 16 Umdrehungen in der Minute und entwickelt 41 bis 77 *PS*, welche von der Kurbel k direkt auf die Kolben von zwei horizontal liegenden Pumpen übertragen werden.

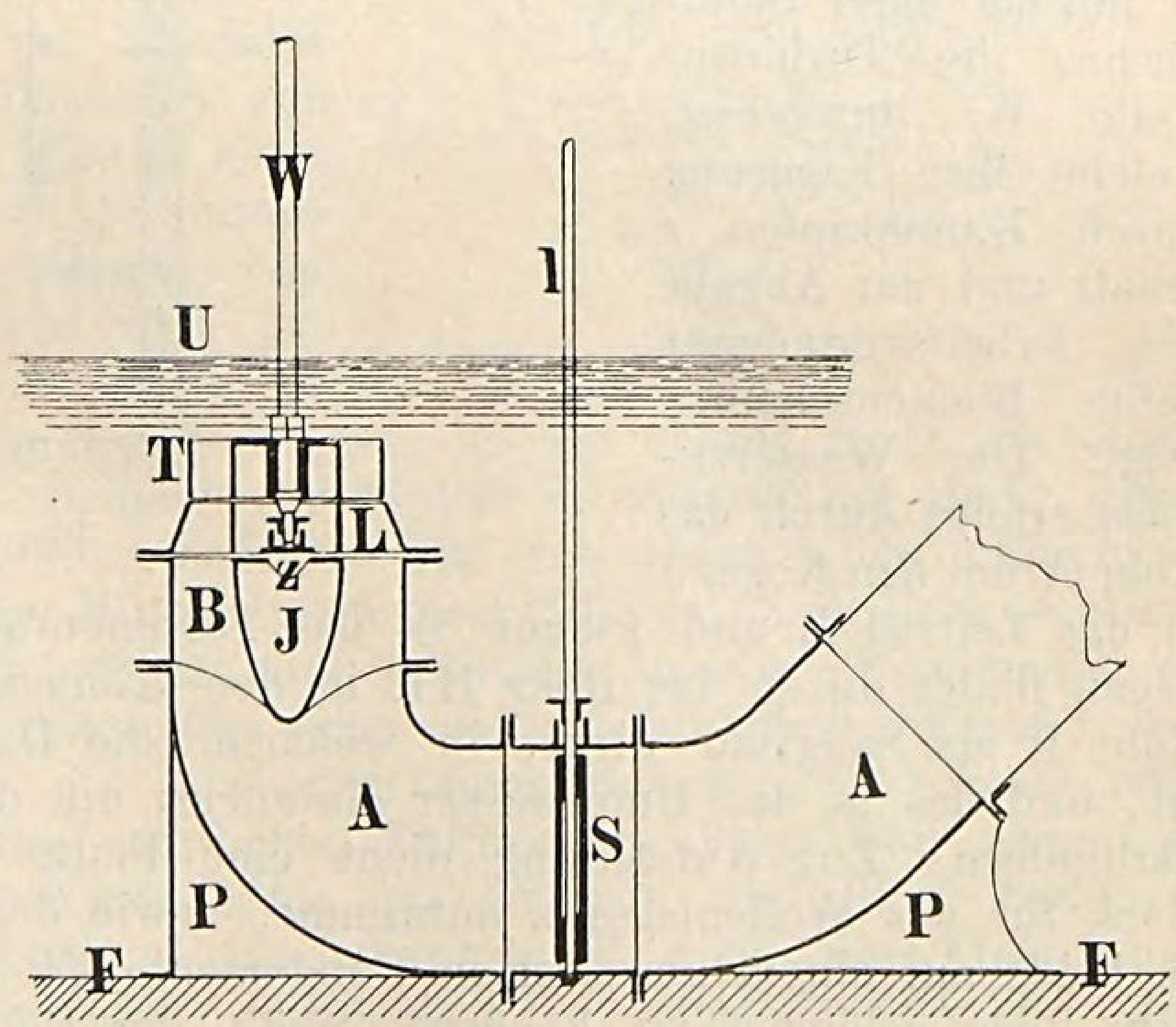


Fig. 581.

Bei der umgekehr-

ten Aufstellung einer Achsialturbine (Fig. 581) tritt das Wasser durch das Rohr A A, mit der Drosselklappe S zum Aufstauen und Abschliessen des Wassers, und das Rohrstück B von unten aufwärts in das Leitrad L und das Turbinenrad T. Das Rohrstück B erhält im Inneren zur Einführung des Wassers in die Leitkanäle einen an der Spitze abgerundeten Kegel J, der durch dünne, wandartige Arme mit der äusseren Cylinderwand verbunden und zugleich zur Aufnahme des Turbinenzapfens z eingerichtet ist. Wird diese Turbine als Überdruckturbine oder als Druckturbine mit gefüllten Zellen (Rückschaufeln) hergestellt, so kann sie zur Erzielung eines ruhigen Wasseraustrittes etwa 0,5 *m* unter dem Unterwasserspiegel U aufgestellt werden, während sie als Druckturbine ohne Rückschaufeln über dem Unterwasser laufen muss. Die Befestigung der ganzen Turbine erfolgt auf einem Fundamente F vermittelst einer verankerten Fundamentplatte, an welche sich die vertikalen Platten P P anschliessen, die mit den Krümmern A A zusammengegossen sind, so dass diese Krümmer den ganzen Bau tragen, soweit nicht die Turbinenwelle eine Entlastung durch Aufhängung an einem Ringzapfen herbeiführt.

Für manche Betriebe kann es erwünscht sein, die Turbinenwelle direkt als Antriebswelle in horizontaler Lage anzuordnen. Dadurch gelangt man zu der durch Fig. 582 vergegenwärtigten Anlage, die sich zugleich durch eine sehr kurze Welle auszeichnet. Das Turbinenrad T liegt mit dem Leitrade L in einem besonderen Rohrstück B, dessen gewölbter Deckel D mittels einer Stopfbüchse die Turbinenwelle W durchlässt, welche ihre Lagerung durch Kammzapfen z erhält und zur Abgabe des Arbeitsvermögens eine Riemenscheibe trägt. Der Wasserzufluss erfolgt durch das Rohr A um den Kegel J in das Leitrad L und sodann in das Turbinenrad T. Der Abfluss dahingegen findet durch das Rohr B R in den Abflusskanal U statt, wobei das Rohr R als Saugrohr wirkt, in welchem die Drosselklappe S angebracht ist, und das in das Unterwasser eintaucht, um das Eintreten von Luft zu verhindern. Zur Aufstellung dient eine Platte P, welche zugleich den Bock für das Wellenlager z aufnimmt, sowie der an A angegossene Fuss G, beide auf einem gemauerten Fundamente FF verankert. Um leicht zu dem Rade gelangen zu können, erhält das Rohr A einen abnehmbaren Verschluss C, korrespondirend mit dem Deckel D.

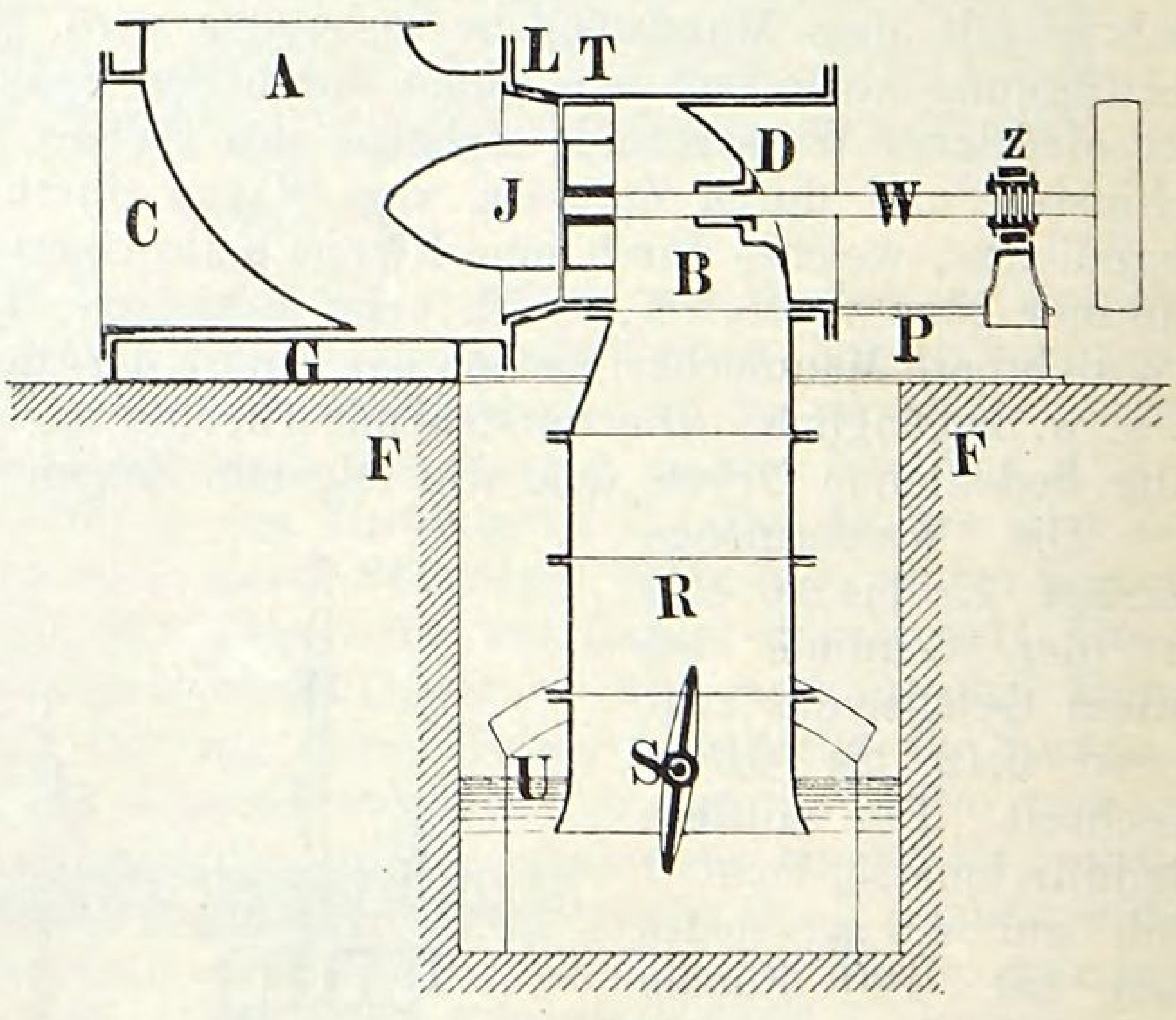


Fig. 582.

b. Radialturbinen.

Die Radialturbinen lassen sich anordnen:

1. mit innerer oder äusserer Beaufschlagung,
2. mit Beaufschlagung von unten oder oben,
3. mit Voll- oder Teilbeaufschlagung,
4. mit vertikaler oder horizontaler Welle und ausserdem als Druck- oder Überdruckturbinen, so dass äusserst zahlreiche Kombinationen und Ausführungen vorhanden sind.

Als Vorbild der Radialturbinen überhaupt und derjenigen mit innerer Beaufschlagung von oben insbesondere muss die durch Fig. 583 vergegenwärtigte (Fourneyron) gelten. Das Turbinenrad T sitzt nahe an dem unteren Ende der vertikalen Welle W mit dieser durch einen sogen. Teller E mit Nabe verbunden und nach der im Grundrisse erkennbaren Art geschaufelt. Das im Innern des Laufrades angebrachte Leitrad L hängt vollkommen konzentrisch zu T an dem die Welle W umgebenen Rohre R, welches mit einem Flansch auf dem Gerüste G fest aufruht. Über dem Leitrade erhebt sich der cylindrische Turbinenkasten B, als vertikale Verlängerung der Turbinenkammer K anzusehen, im Anschluss an den Zuführungskanal A mit dem Abschlussschieber S. Zur Gangregulirung dient der S. 681 Fig. 571 II näher beschriebene Apparat mit verstellbaren Leitklötzen. Diese mit s bezeichneten Klötze füllen die Kanäle des Leitrades in radialer Richtung vollkommen aus und sind an der inneren Fläche eines Ringschützen befestigt, welcher mittels einer Lederstulpdichtung gegen den Kasten B beweglich abgedichtet ist. Zur Einstellung der Klötze s s ist der Schützen an drei Stangen l aufgehängt, die am oberen Ende mit einem Schraubengewinde zur Aufnahme der Mutter m ausgestattet sind, durch deren Drehung die Einstellung erfolgt. Um eine gleichzeitige und gleichmässige Drehung sämtlicher Muttern zu bewerkstelligen, sind diese in Naben von Zahnrädern z eingeschnitten, die entweder in ein grösseres um die Welle W drehbares Rad eingreifen oder von einer endlosen Kette i umschlungen sind, so dass die Bewegung einer Mutter z. B. mittels eines Handrades h, die Drehung sämtlicher Muttern zur Folge hat. Auch die S. 689 Fig. 579 erklärte Verbindung mit Kurbeln und Ring findet zu diesem Zwecke Anwendung. Bemerkenswert ist noch die Einrichtung, durch welche unter Benutzung des Hebels a b c nebst Kette k die Spurplatte des Fusslagers u gehoben und gesenkt werden kann.

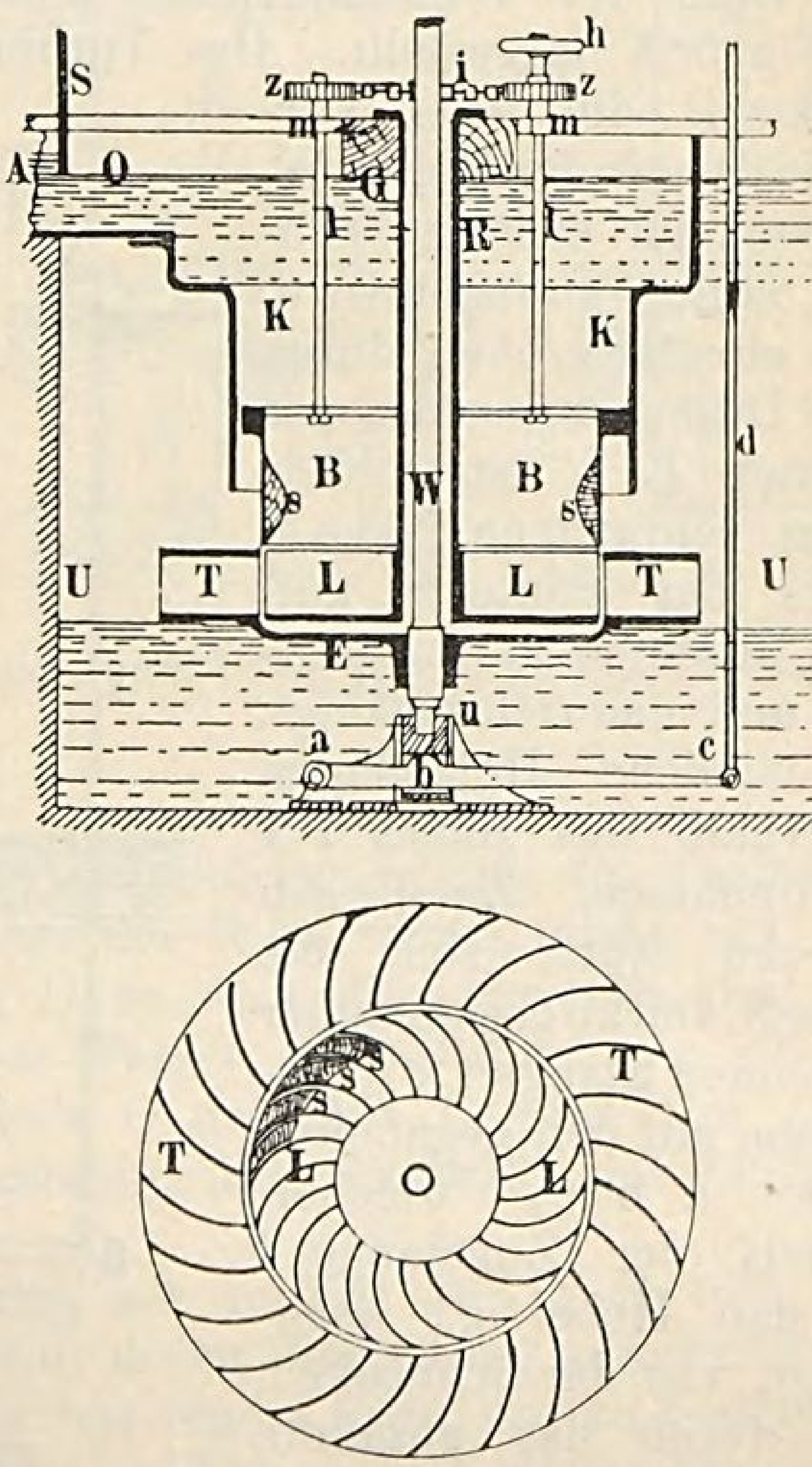


Fig. 583.

Die vorstehend beschriebene Turbine ist sowohl in freier Luft, als im Unterwasser U aufzustellen, aber eine Anordnung über dem Unterwasser, also in freier Luft, mit einem entsprechenden Gefällverlust verbunden, weil die Anbringung eines Saugrohres nicht statthaft erscheint. Demnach ist man bei einem Gefälle über 6 *m* gezwungen, zur Erlangung einer kurzen Welle, über der Turbine dieser Ausführung eine geschlossene Kammer mit seitwärts einmündendem Rohre für das Oberwasser, wie bei der Turbine Fig, 579 S. 689 anzuwenden. Um jedoch die dadurch entstehende umständliche Anlage zu umgehen, entschliesst man sich gewöhnlich für die umgekehrte Aufstellung, indem man das Aufschlagwasser von unten zuführt.

Eine der vollkommensten Anlagen dieser Art (Nagel & Kämp) ist in Fig. 584 dargestellt. Das Turbinenrad T erhält mit Hilfe der gewölbten Decke D die feste Verbindung mit der Welle W, die von der eisernen runden Säule S getragen wird. Das ebenfalls oben durch eine Decke abgeschlossene Leitrad L L ist mittels einer rohrartigen Nabe N längs der Säule S auf- und abschiebbar angeordnet und dadurch befähigt, verschiedene Höhenlagen innerhalb des Rades T T einzunehmen. Zu diesem Zwecke stützt sich die Nabe N, von zwei gegenüber liegenden Stangen c d getragen, auf den gegabelten Hebel a b c, welcher, mittels der Zugstange f an den Hebel g l angehängt, von der Schnecke h aus durch das gezahnte Segment mit Selbstsperrung eine Bewegung erhält und der Nabe N mitteilt. Um bei den verschiedenen Höhenlagen des Leitrades stets gefüllte Laufradzellen zu erhalten, ist die S. 684 Fig. 574 beschriebene Regulirung zur Anwendung gekommen. Man erkennt bei e e die Platten, welche die Zellen des Laufrades ausfüllen und mit der gewölbten Decke E verbunden sind. Die Decke D, welche mit den Platten e e die sog. Krone bildet, hängt sodann an einem die Welle W konzentrisch umgebenen Rohre G, das bei k einen Ringzapfen trägt. Das Ringlager dieses Zapfens liegt mit zwei Seitenzapfen auf dem gegabelten Hebel l k, so dass mit diesem das Rohr G und die Krone genau mit dem Leitrade L L auf- und abwärts bewegt wird. Infolgedessen bleiben die Platten e stets in gleicher Höhe mit dem oberen Boden des Apparates L L und die Laufradzellen vollständig gefüllt.

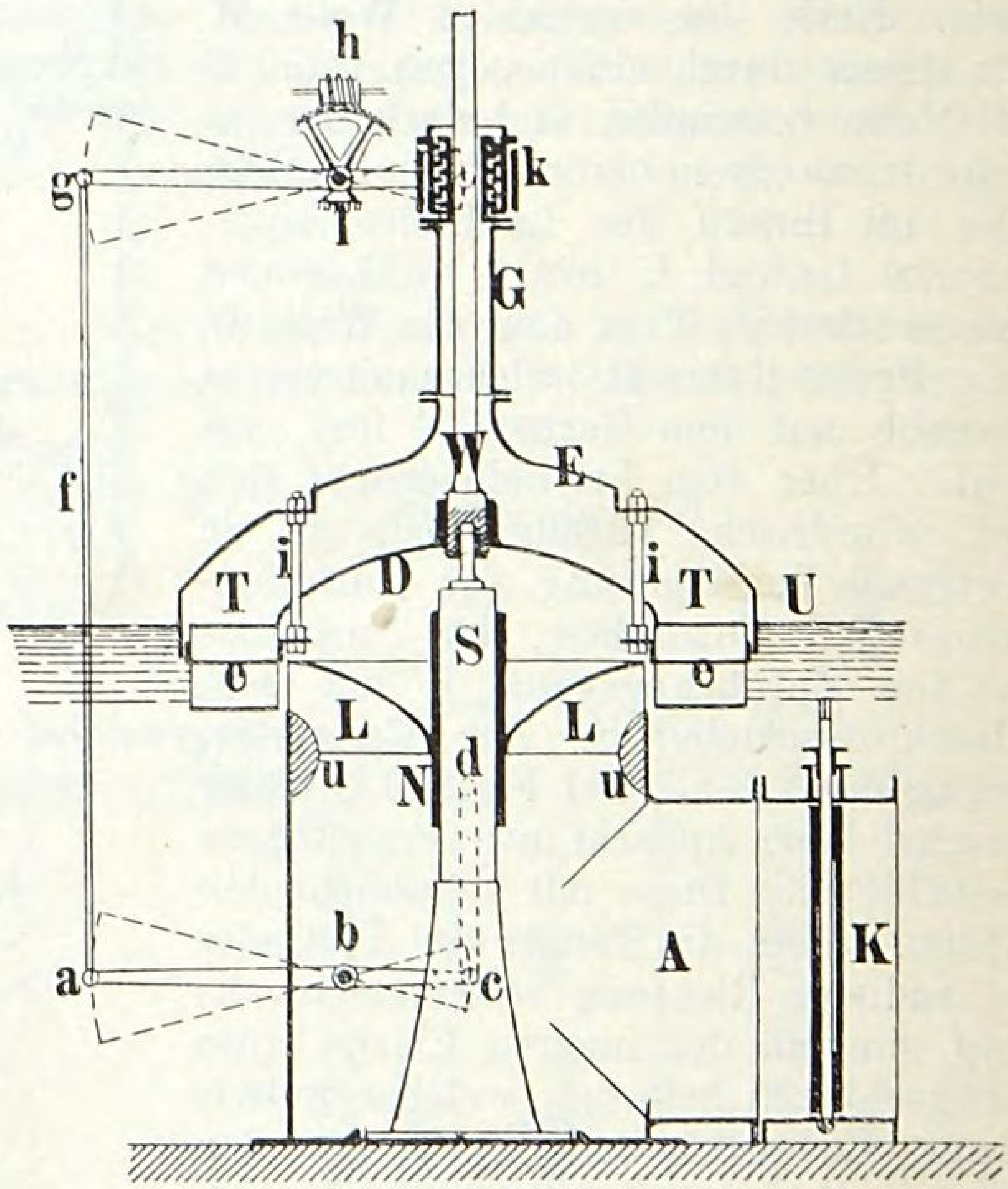


Fig. 584.

Das Aufschlagwasser gelangt aus dem Zuflussrohre durch die Drosselklappe K in die auf der Sohle des Untergrabens U stehende Turbinenkammer A und erfährt durch die zwischen den Schaufeln des Leitrades an der Wand der Kammer befestigten Leitklötzen u u von Holz und das Leitrad L die angemessene Einleitung in das Turbinenrad, um aus diesem in das Unterwasser U abzufliessen.

Eine häufig zur Ausführung gelangte Radialturbine mit äusserer Beaufschlagung zeigt Figur 585. Das Laufrad T sitzt mit einer Nabe auf der Welle W mit Fusszapfen z, dessen Lager von Armen a getragen wird, die an dem Turbinenkessel B festsitzen. Dieser Kessel schliesst sich an ein Ringstück C an, das von Stützen c c getragen wird, die sich auf der Grundplatte P erheben und radiale Rippen bilden, welche einen grossen Durchlass für das Wasser darbieten, das infolge der Gestalt der Grundplatte P nach allen Seiten ungestört abläuft, im Ablauf geregelt durch den Ringschützen S S. Das Oberwasser O strömt zunächst in die Turbinenkammer K und von dieser in das Leitrad L, das mittels der gewölbten Decke D und Stopfbüchse gegen die Turbinenwelle W in der Weise abgestützt ist, dass der Wasserdruck nicht auf dem Laufrade T ruht. Auch trägt das Rad L zu demselben Zwecke statt der Decke D oft ein Rohr G, um welches das Wasser herumströmt, um zu den Leitkanälen zu gelangen. Da dieses Rohr G das Rad T ganz frei lässt, so wird dadurch zugleich das Herausnehmen und Einsetzen des letzteren wesentlich erleichtert.

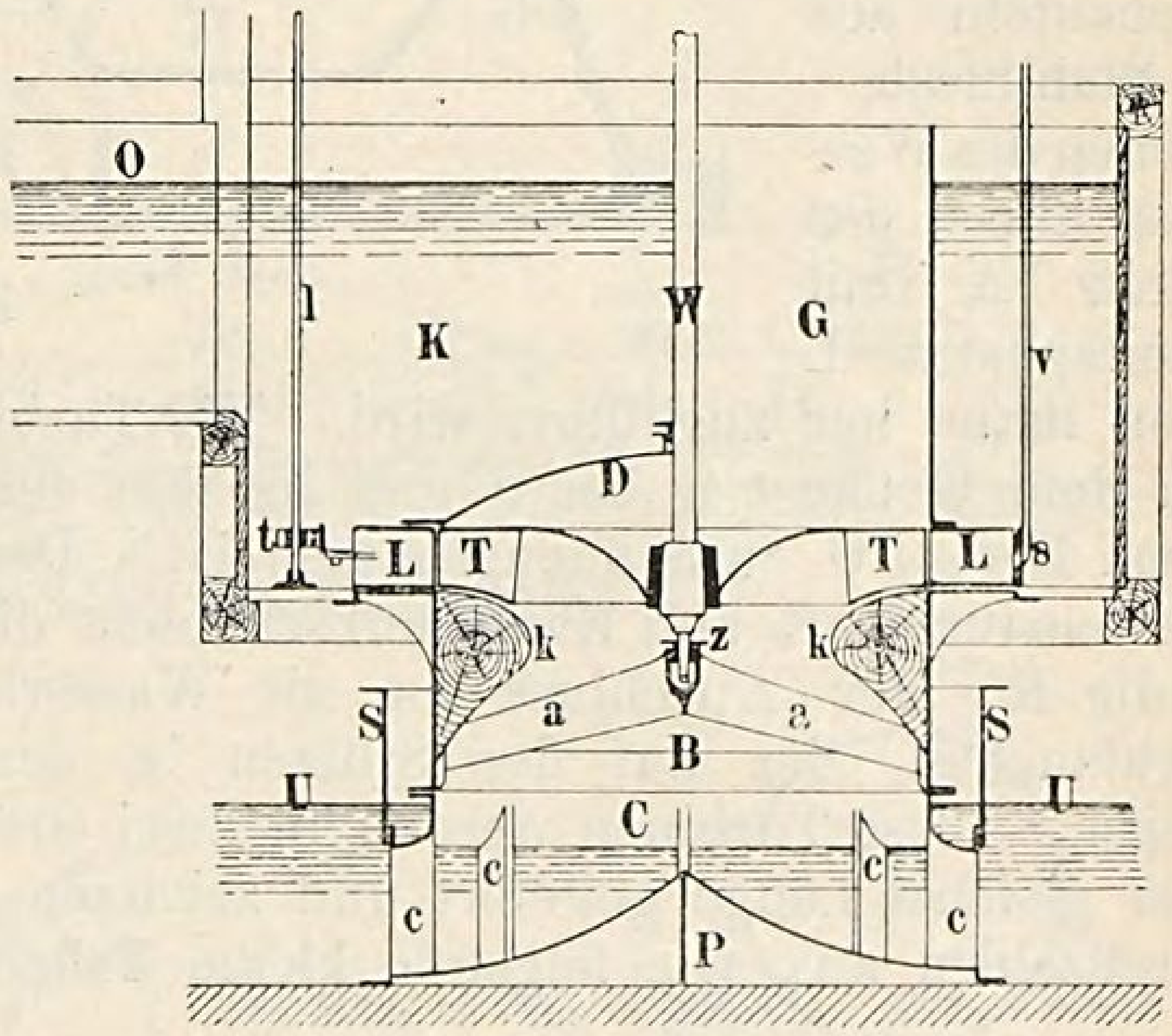


Fig. 585.

Zur Regulirung dieser Turbine dient der in Fig. 563 IV S. 677 dargestellte Apparat mit beweglichen Schaufeln, deren Einstellung vermittelst der Stange l und Trieb t sowohl von Hand als von einem Regulator zu bethätigen ist; oder es tritt ein System von Schiebern s in Wirksamkeit, die an Stangen v hängen, welche behufs der Ventilation aus Gasröhren bestehen, und neuerdings durch Hubnuten (Fig. 572 S. 681) ihre Bewegung erhalten. Jeder dieser Schieber bedeckt dabei zwei Kanäle. Man erkennt zugleich aus der Zeichnung, dass bei dieser Turbine das Wasser als geschlossener Strahl austritt und dass infolgedessen der Anbringung eines Saugrohres B nichts im Wege steht. Deshalb kann die Aufstellung des Rades zur Erhaltung einer kurzen Welle bis etwa 6 *m* über dem Unterwasserspiegel U erfolgen, wenn zwischen Ober- und Unterwasser ein entsprechend langes Saugrohr B die Verbindung vermittelt. — Ausserdem lässt sich dem Saugrohre B leicht die Eigenschaft eines sogen. Diffusers durch Einsetzen eines Holzkranzes k unter dem Rade erteilen und dadurch selbst bei kleinen Rädern die verlorene Austrittgeschwindigkeit verkleinern, indem der Durchflussquerschnitt nicht plötzlich sondern allmählich erweitert wird.

Eine Radialturbine (Chicago's top) für geringen Kraftbedarf (von 0,5 bis 6,0 *mkg*) zum Anschluss an eine Wasserleitung etc. ist in Fig. 586 dargestellt. Das auf einer horizontalen Welle W befestigte Turbinenrad T besitzt zwölf Schaufeln aus Stahlblech, denen das Wasser durch das Rohr A mit Leitapparat L von innen her zugeführt wird. Die Turbinenwelle W findet ihre Lagerung in dem Gehäuse G bei n und in dem der Nabe des Leitapparates, der mit dem Deckel G zusammengegossen ist. Der Wasserablauf erfolgt durch den Seitenstutzen E und Kautschukschlauch, die Kraftabgabe durch die Schnurrolle R, der Anschluss an die Wasserleitung mittels eines Kautschukschlauches, der auf den Stutzen in der Mitte des Deckels aufgeschoben wird. Diese Turbinen werden in zwei Grössen von 150 und 210 *mm* Höhe bei gleicher Länge geliefert und zeichnen sich besonders durch grosse Umdrehzahlen aus, wie folgende kleine Tabelle erkennen lässt:

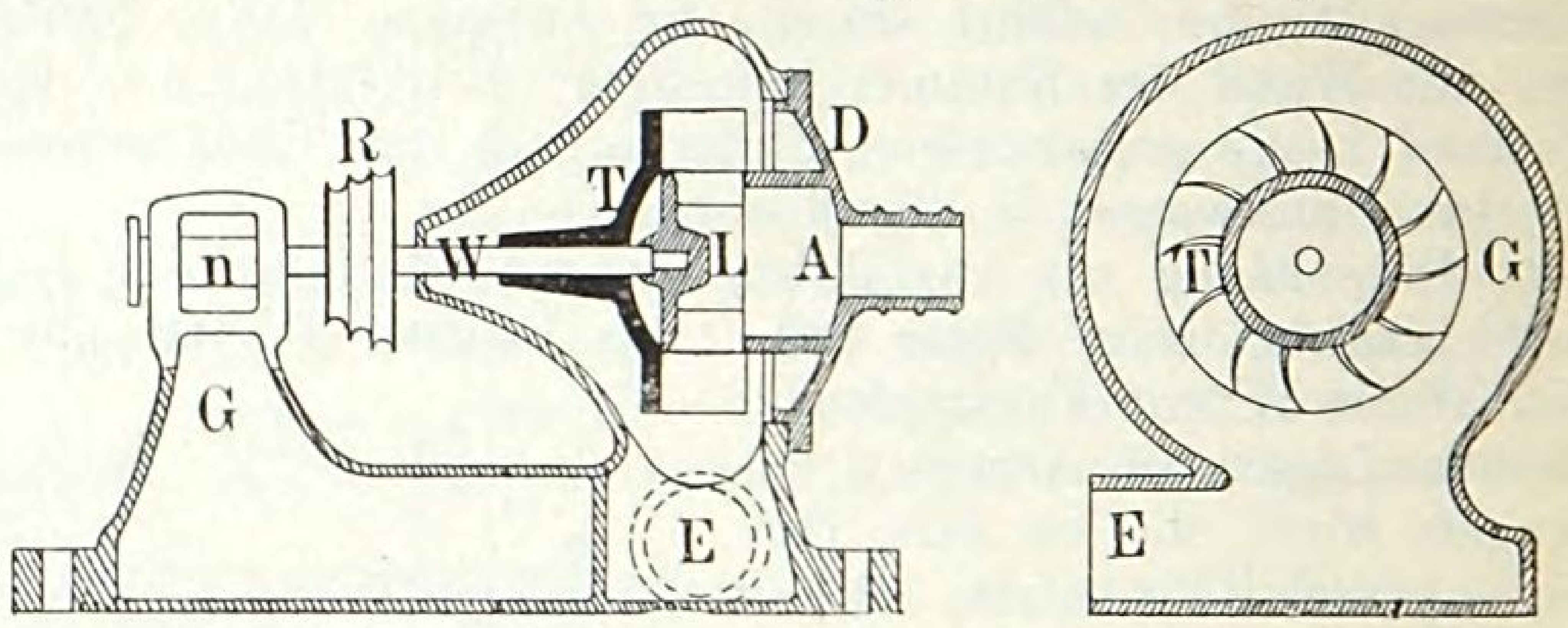


Fig. 586.

Gefälle	Wassermenge in der Stunde	Nutzarbeit	Umdrehzahl in der Minute
	Kleines Modell		
15 *m*	200 *liter*	0,48 *mkg*	1700
25 „	270 „	0,8 „	2200
40 „	340 „	1,34 „	2800
50 „	360 „	1,75 „	3000
60 „	360 „	2,00 „	3300
100 „	200 „	2,00 „	4400
	Grosses Modell		
25 *m*	810 *liter*	2,0 *mkg*	2200
35 „	900—1600 „	3—6 „	2600
45 „	1100—1450 „	3,7—6 „	2900
50 „	1200—1400 „	4,3—6 „	3000
70 „	1300 „	6 „	3600
100 „	700 „	6 „	4400

Häufiger als die Achsialturbinen erhalten die Radialturbinen eine Teilbeaufschlagung, indem das Wasser in der sonst allgemein üblichen Weise nur wenigen Radkanälen gleichzeitig und zwar entweder von innen nach aussen oder von aussen nach innen, sowie bei direkter oder umgekehrter, vertikaler oder horizontaler Aufstellung zugeführt wird. Erfolgt die Be-

aufschlagung von aussen, tritt demnach das Wasser unter einem möglichst kleinen Winkel (8 bis 10⁰) an das Laufrad, so werden diese Turbinen Tangentialräder genannt.

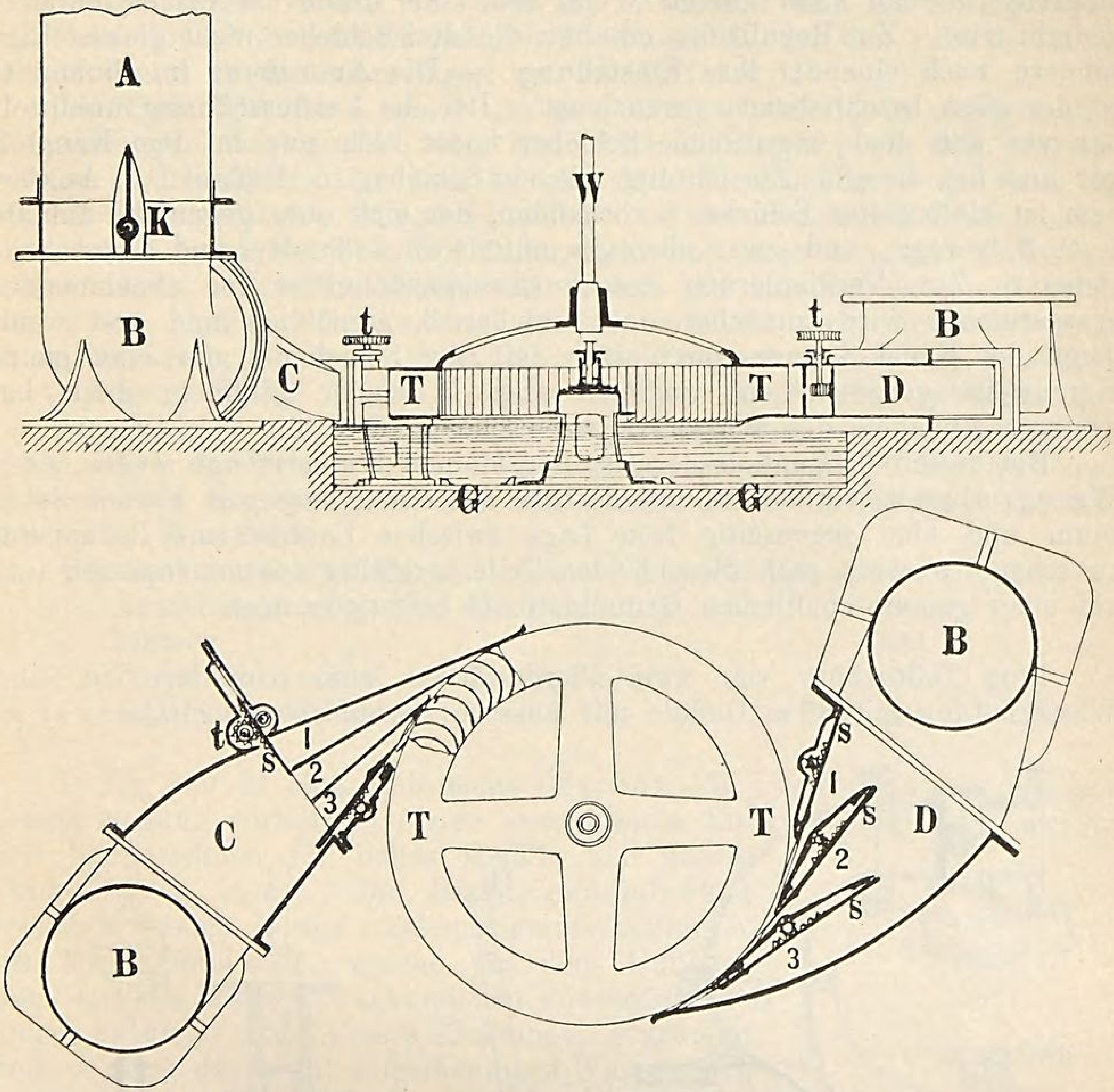


Fig. 587.

Aus Fig. 587 ist eine Radialteilturbine zu ersehen, welche an zwei einander gegenüber liegenden Stellen beaufschlagt wird und in dieser Ausführung für grössere Wassermengen hestimmt ist, um sie nicht einseitig zu belasten. Das Laufrad T ist auf gewöhnliche Weise mit der vertikalen Welle W verbunden und bewegt sich über dem Unterwasser in freier Luft. Das Triebwasser läuft durch zwei Röhren A zu, die sich in der Regel über der Turbine zu einem einzigen vereinigen. An diese Röhren schliessen sich die Krümmer B B an, welche in die Laufkanalstücke C und D übergehen, aus welchen das Wasser mittels der Kanäle 1, 2, 3 in das Rad tritt. Der Einlauf soll so eingerichtet sein, das das Wasser möglichst geschlossen in das Rad gelangt, weshalb es ratsam ist, bei kleinen Wassermengen sich mit einem Einlauf zu begnügen.

Zur Regulirung dienen ausser den Stellscheiben K verschiedene Anordnungen, wovon zwei in der Zeichnung angegeben sind. In dem Ein-

lauf D sind drei Schieber s, s, s angebracht, welche sich fast tangential zu dem Rade bewegen, d. h. einstellen lassen. Zu dem Zwecke sind sie auf dem Rücken mit einer Verzahnung ausgestattet, in welche ein Trieb eingreift, der auf einer kurzen Welle sitzt, die durch ein Schneckenrad t gedreht wird. Zur Regulirung erhalten die drei Schieber nicht gleichzeitig, sondern nach einander ihre Einstellung. — Die Anordnung im Einlauf C ist der eben beschriebenen vorzuziehen. Der die Ausflussöffnung unmittelbar vor dem Rade regulirende Schieber findet sich nur in dem Kanal 3 vor und hat dieselbe Einrichtung wie ein Schieber im Einlauf D. Ausserdem ist ein zweiter Schieber s vorhanden, der sich quer gegen die Kanäle 1, 2, 3 bewegt, und zwar ebenfalls mittels eines Triebes und Schneckenrades t. Zur Verkleinerung des Ausflussquerschnittes bei abnehmender Wassermenge wird zunächst der Schieber 3 allmählich und erst wenn damit der Kanal 3 ganz geschlossen ist, der Schieber s um eine ganze Kanalweite vorgeschoben, zugleich aber 3 wieder geöffnet; dann bei weiterer Abnahme des Wassers 3 vorgeschoben u. s. f.

Bei diesen Tangentialrädern ist der kleinen Wassermenge wegen jeder Wasserverlust zu vermeiden und deshalb auf einen möglichst kleinen Spielraum und eine gegenseitig feste Lage zwischen Laufrad und Leitapparat zu sehen, weshalb man diese beiden Teile sorgfältig zusammenpassen und auf einer gemeinschaftlichen Grundplatte G befestigen muss.

Eine Teilturbine von zwei Pferdestärken zum Anschluss an eine Wasserleitung mit 35 *m* Gefälle mit äusserer Beaufschlagung (Queva) ist

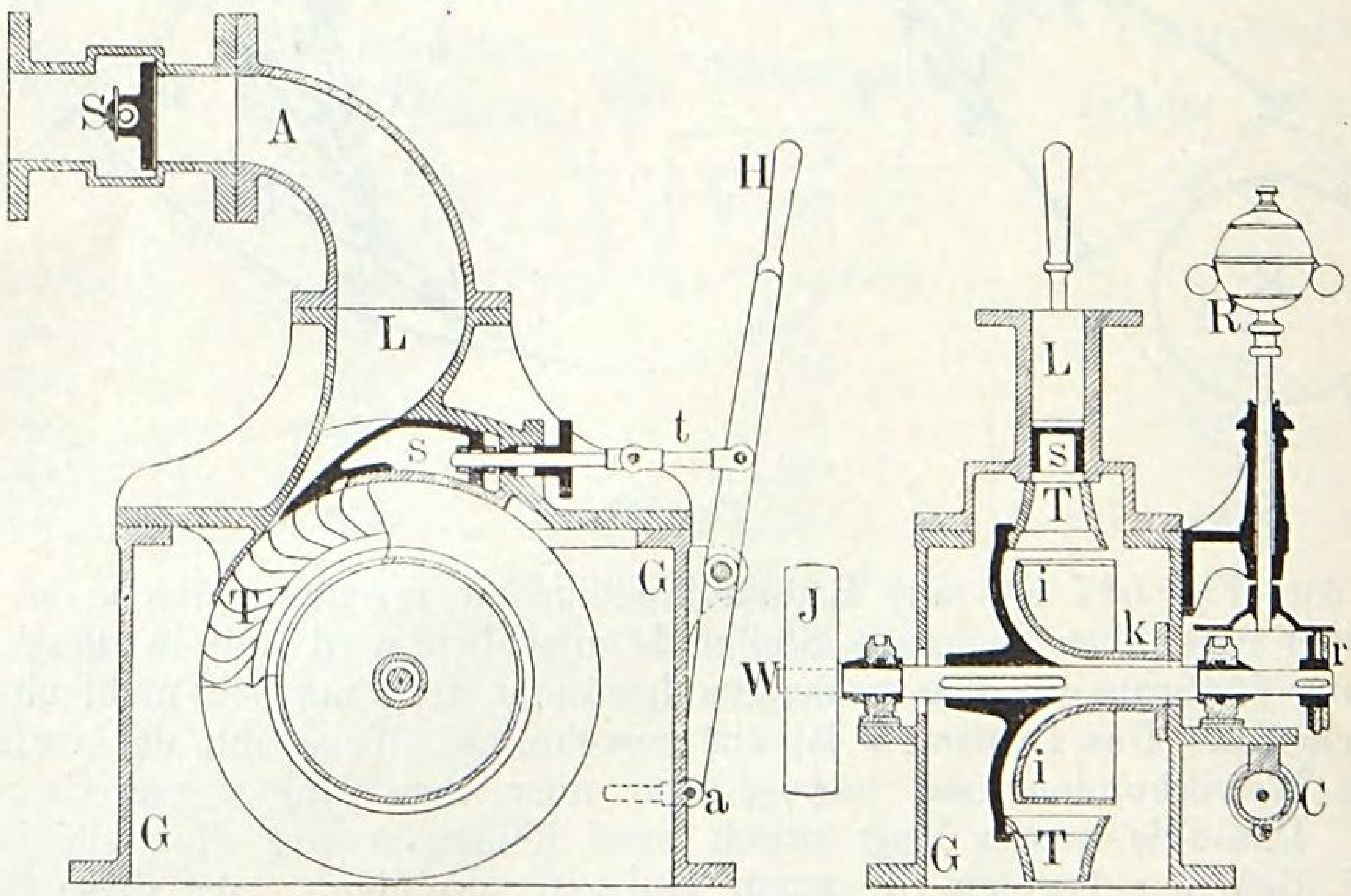


Fig. 588.

in Fig. 588 dargestellt. Das Turbinenrad T von 400 *mm* äusserem Durchmesser sitzt auf einer horizontalen Welle W, deren Lager an dem Gehäuse G G befestigt sind, das zugleich das Turbinengehäuse bildet. Das Triebwasser wird durch den Absperrschieber S, das Rohr A und den Leitapparat L dem Turbinenrade zugeführt und kann entweder dann frei abfallen oder

durch eine Rohrleitung entfernt werden. Hierbei wird es zunächst von einer eigentümlich geformten Scheibe i i aufgenommen, welche innerhalb des Laufrades am Gehäuse befestigt und zum Durchlassen der Welle W mit einem langen Hals k versehen ist. Zwischen dem Zuführungsrohre und dem Einlauf L befindet sich der Krümmer A, der den runden Querschnitt von A in den viereckigen von L überführt.

Das Einlaufgehäuse L erhält nur eine einzige Leitzelle, in welcher eine Rotgusszunge s konzentrisch zum Rade verschiebbar ist, um den Wasserzufluss zu reguliren. Zu dem Zwecke sitzt der Schieber s an einer in Stopfbüchsen geführten Stange t, welche an den Handhebel H angehängt ist. Treten beim Betriebe Kraftänderungen nur nach längeren Zwischenräumen auf, so ist die Regulirung mittels des Handhebels ausreichend. Für einen häufigen Kraftwechsel jedoch empfiehlt sich die Anbringung eines Regulators, der die Verstellung der Zunge s selbstthätig ausführt. In vorliegendem Fall ist ein Cosinus Regulator R (S. 254) gewählt, der von der Welle W mit Reibscheiben r angetrieben wird und vermittelst der Hülse, sowie der Hebel a b, der Zugstange b c auf den S. 680 beschriebenen hydraulischen Regulirapparat und von diesem durch die Stange d auf den Handhebel H einwirkt.

Bei der vorstehenden Turbine kommen folgende Hauptabmessungen vor:

Äusserer Durchmesser des Laufrades	400 *mm*
Innerer „ „ „	300 „
Weite am Auslauf des Leitapparates	50 „
Anzahl der Schaufeln	40

In Fig. 589 ist eine Teilturbine (Escher- Wyss & Ko.) mit äusserer Beaufschlagung vermittelst eines verstellbaren Einlaufs dargestellt, welche sich hauptsächlich für hohes Gefälle und grosse Umdrehzahlen eignet. Die Haupteigentümlichkeit derselben besteht in den schalenartigen Schaufeln t t des Turbinenrades T, welche auf dem Umfange eines mit der Welle W verbundenen konzentrischen Ringes m sitzen und in zwei Richtungen gekrümmt sind, so dass das radial aufgenommene Wasser nach beiden Seiten achsial abläuft. Zur Vermeidung des Luftansaugens befinden sich innerhalb der Schaufeln seitliche Schutzteller u u, welche mit Lappen am Innern des Gehäuses befestigt sind, das Innere der Schaufeln umfassen und nur neben dem Einlauf Aussparungen besitzen, um dem Wasser ungehindert den Auslauf aus den Radzellen zu gestatten. Die Regulirung des Wasserzulaufs erfolgt durch die Zunge s vermittelst der durch die feststehende Schraubenhülse h hindurchgehende Schraubenspindel mit Handrad n.

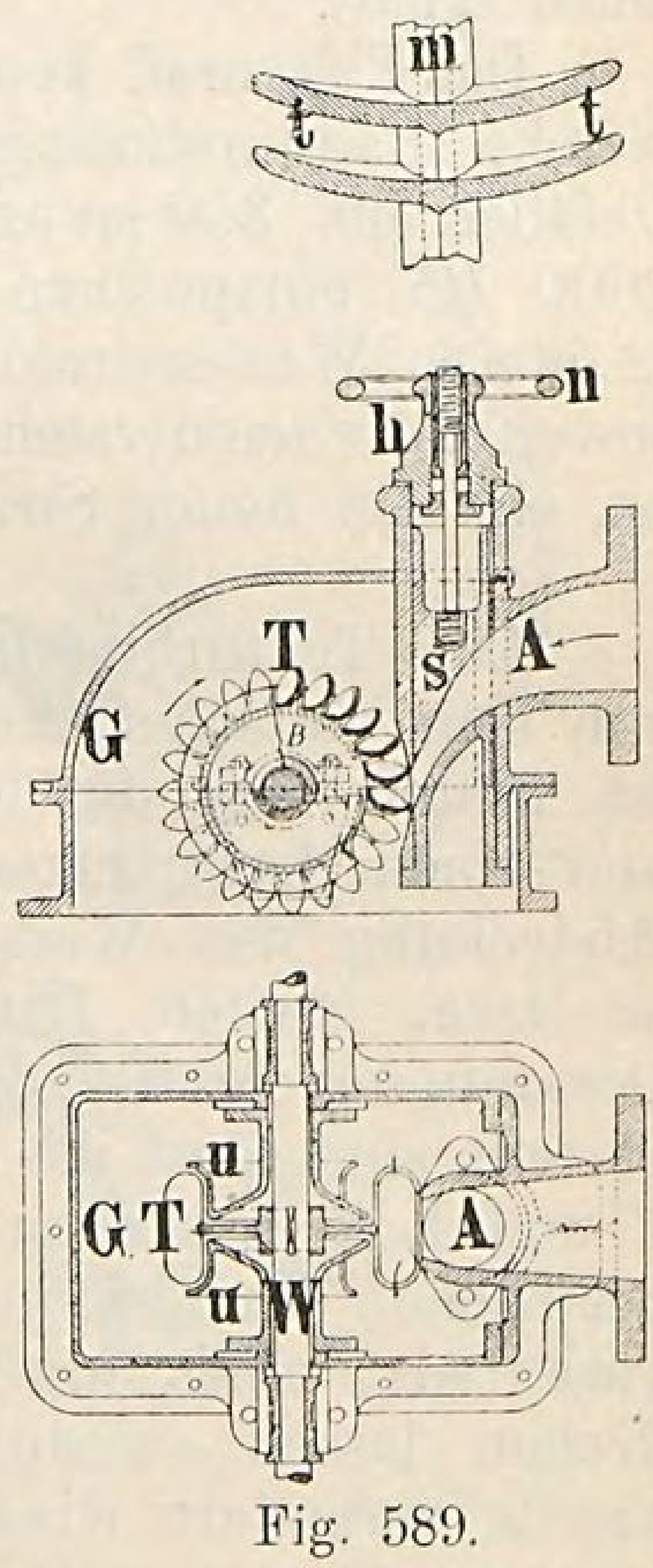


Fig. 589.

Grosse Ähnlichkeit mit der vorher beschriebenen Turbine besitzt die Turbine Fig. 590 (Pelton-Rad). Statt der üblichen Schaufelung sind an dem mit einem breiten cylinderischen Kranze versehenen, gusseisernen

Radkörper T Gefässe S aus Bronze aufgeschraubt, welche (Fig. 591) einen doppeltgekrümmten Boden haben. Der beiderseits in die fast parallel zur Radebene fallenden Seitenwände übergeht, so dass das aus einem Rohre R ausströmende Wasser in zwei Strahlen 1 und 2 geteilt, dem Becherboden entlang strömt und fast in entgegengesetzter Richtung unter Abgabe seiner lebendigen Kraft die Schaufeln verlässt, das Rad mit der Welle W in Drehung versetzend. Um hierbei eine möglichst vorteilhafte Abgabe des Arbeitsvermögens zu erzielen, wird die Radgeschwindigkeit so gewählt, dass das Wasser womöglich mit der Geschwindigkeit Null das Rad verlässt, was dann der Fall ist, wenn die Radgeschwindigkeit die Hälfte der Wassergeschwindigkeit beträgt. Ausserdem muss der Strahl sehr dünn sein, weshalb die Breite der Schaufeln mindestens siebenmal so gross als die Strahldicke gewählt wird. Zur Regulirung bedient man sich eines genau eingepassten Regulirkegels t, der mittels einer Spindel und Handrad h eingestellt wird, wodurch der Austritt die Form einer Düse erhält.

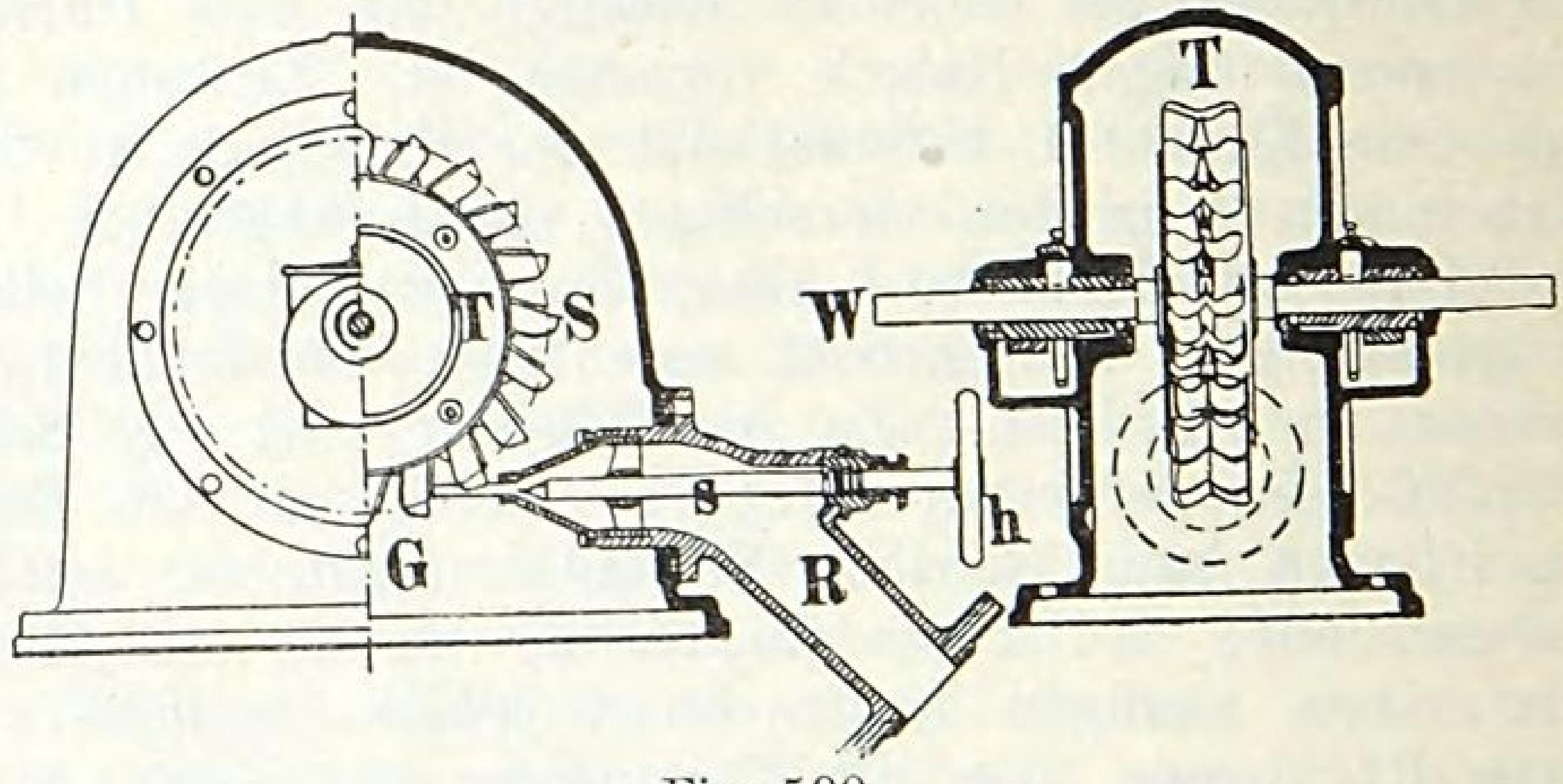


Fig. 590.

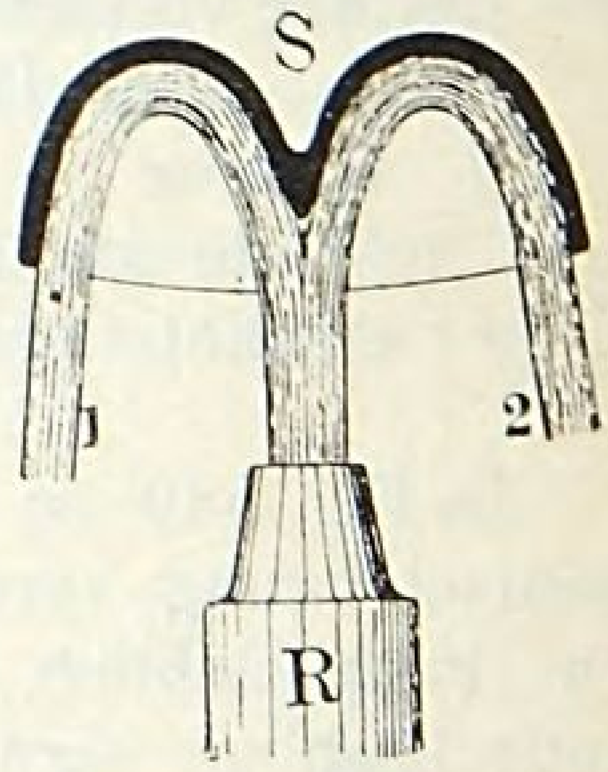


Fig. 591.

Das Peltonrad kommt in Grössen zur Ausführung, welche Raddurchmessern zwischen 10 bis 200 *cm*, Gefällen bis 300 *m* und Leistungen zwischen $^1/_{30}$ bis 2000 *PS* entsprechen. Bei grösseren Rädern gelangen dann mehrere (2 bis 4) Wasserstrahlen durch ebensoviele Düsen zur Wirkung, die nur soweit auseinanderstehen müssen, dass die zuvor gefüllte Schaufel entleert ist, ehe ein neuer Strahl eintritt.

Eine Teilturbine mit Innenbeaufschlagung und umgekehrter Aufstellung von sehr einfacher Ausführung geht aus Fig. 592 hervor. Das Laufrad T T ist mittels des durchbrochenen Tellers D auf der Welle W befestigt, die von einem Lagerträger mit Spurlager aufgenommen wird, der zugleich zur Abdeckung des Wasserzuströmungsrohres A dient. Das letztere mündet an zwei Stellen L und L zu je vier Leitkanälen aus, die in ihrem Gesamtquerschnitte der grössten Wassermenge entsprechen und derart verteilt sind, dass das Wasser symmetrisch eintritt. In dem Spalte zwischen T und L liegt sodann der aus zwei Teilen s und s eines Cylindermantels bestehende Rundschützen, der an Armen sitzt, die hoch mit denselben vermittelst eines inwendig angeschraubten Zahnbogens um die Welle W drehen lassen, wodurch je nach Bedürfnis die Zahl der freien Einlaufskanäle verändert wird. Gewöhnlich erhält diese Turbine eine freie Aufstellung über dem Unterwasserspiegel U U.

Die Fig. 593 führt eine Teilturbine (Schwammkrug) mit innerer tangentialer Beaufschlagung liegender Anordnung vor Augen. Das als Druckturbine geschaufelte Turbinenrad T sitzt auf der wagrechten Welle W mit derselben durch eine lange Nabe mit einer vollen glockenförmigen Scheibe verbunden. Das einem Hochbehälter entnommene Wasser tritt durch Röhren geleitet bei A in die Zuleitung B und durch den Leitapparat L in das Laufrad T. Dieser Eintritt erfolgt durch eine einzige Spalte i, und wird mittels einer Zunge s geregelt, welche um eine Achse drehbar ist und je nach der Stellung die Spalte i vergrössert oder verkleinert. Zur Hervorbringung der passenden Stellung befindet sich an der Zunge s eine Stange t in Verbindung mit einem Kolben k des Cylinders c, der einen Seitenkanal zum Eintritte des Druckwassers und bei o ein Ventil besitzt, das von einem Schwungkugelregulator bethätigt wird. Ist das Ventil geöffnet, so wird der Druck im Cylinder aufgehoben, der Kolben in den Cylinder hineingeschoben und die Spalte mehr oder weniger verkleinert; ist das Ventil dahingegen geschlossen,

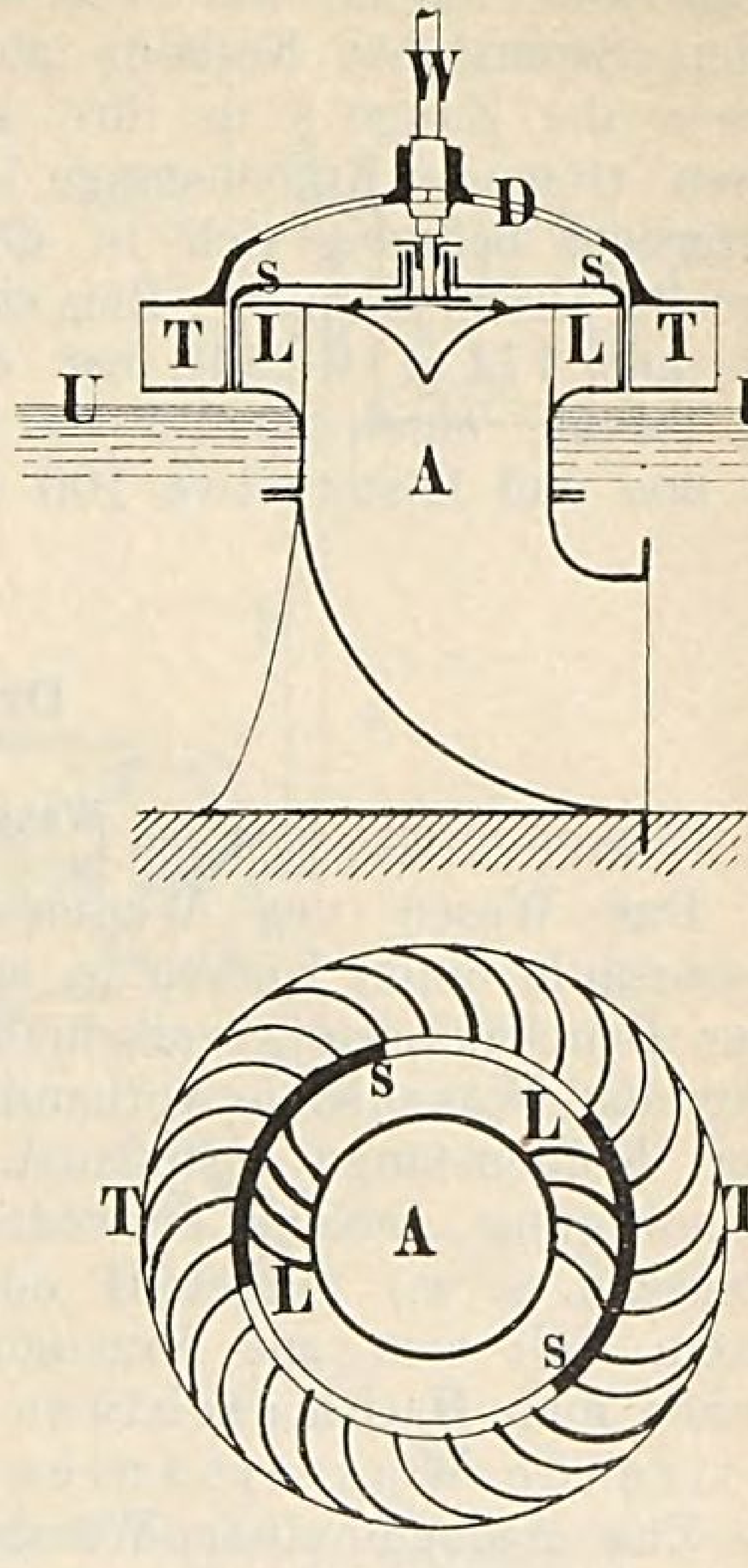


Fig. 592.

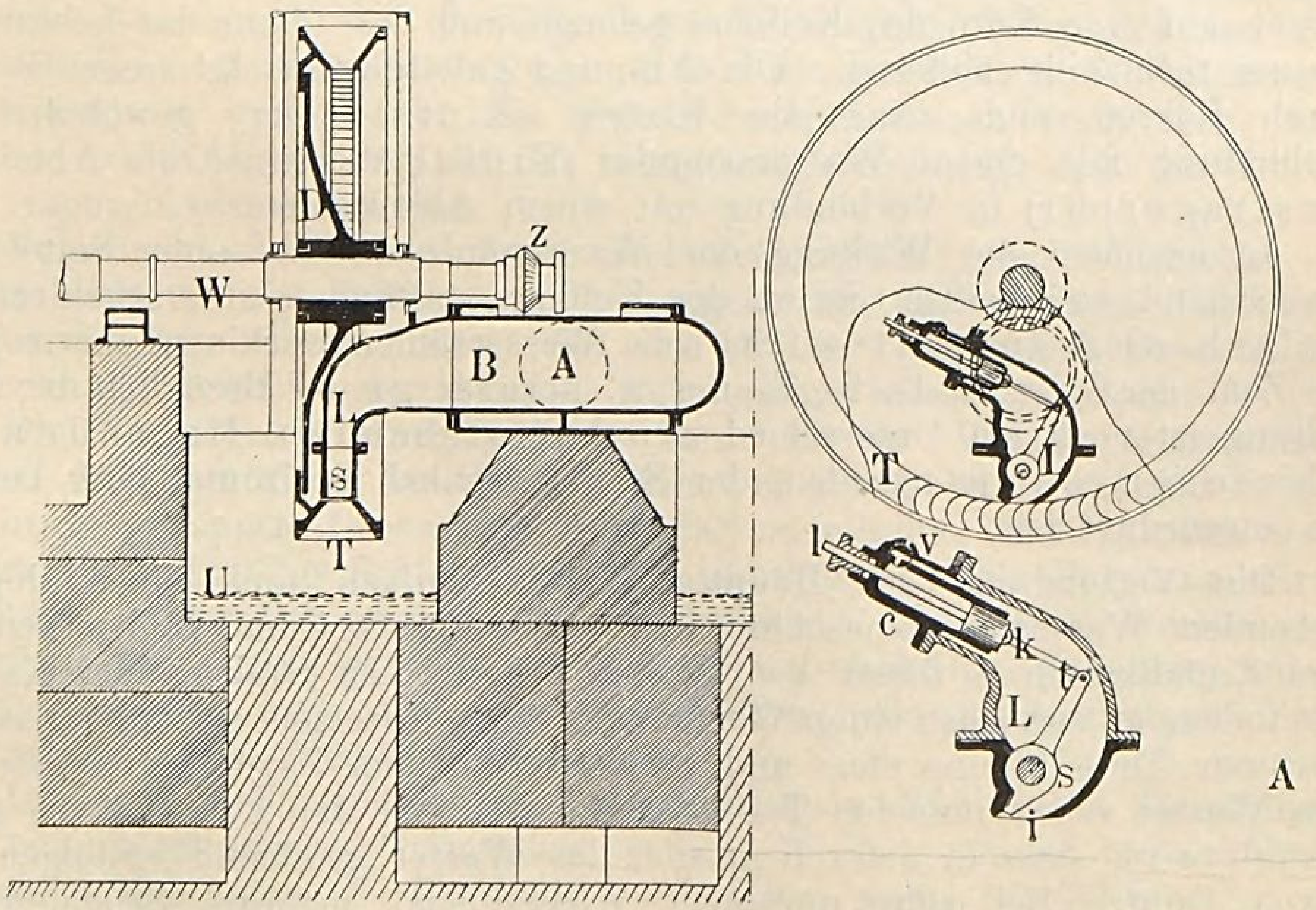


Fig. 593.

so herrscht infolge der Verbindung zwischen Cylinder und Kanal auf beiden Seiten des Kolbens gleicher Druck, so dass das ausströmende Wasser die Zunge s in ihre äussere Stellung umlegen kann. Die nach aussen tretende Kolbenstange l ermöglicht eine Einstellung von Hand. Ausserdem befindet sich in der Leitung noch eine von Hand zu bewegende Drosselklappe. Bei einer Ausführung für 61 *l* Wasser in der Sek. mit 174 *m* Gefälle hat diese Turbine einen äusseren Durchmesser von 1,4 *m*, einen Spalt i von 55 *mm* Weite, eine innere Radbreite von 164 *mm* und leistet etwa 100 *PS*.

Drittes Kapitel.

Wassersäulenmaschinen.

Das Wesen der Wassersäulenmaschinen besteht darin, dass eine Wassersäule einen Kolben in einem Cylinder (Treibcylinder, Stiefel) unter Druckäusserung verschiebt und dass dieser Kolben das in der niedersinkenden Wassersäule vorhandene Arbeitsvermögen aufnimmt und mittels einer Kolbenstange fortpflanzt. Der Kolben erhält dabei eine Hin- und Herbewegung, welche entweder unmittelbar der Werkmaschine (Pumpe, Gebläse u. s. w.) mitgeteilt oder mittelbar durch Hebel oder Kurbel, in letztem Fall also zur Erzeugung einer Drehbewegung übertragen wird, wonach man Hubmaschinen und drehende oder Kurbelmaschinen, (rotirende Wassersäulenmaschinen) unterscheidet.

Zur Anlage einer Wassersäulenmaschine ist demnach erforderlich, ausser dem Treibcylinder mit Treibkolben, eine Wasserzuleitung, eine Wasserableitung und eine Steuerung, welche die Bewegung des Kolbens in bestimmten Zeitabschnitten in der Weise regelt, dass einmal das Druckwasser auf eine Seite des Kolbens gelangt und dass dann das gebrauchte Wasser rechtzeitig abfliesst. Die Ab- und Zuleitung erfolgt ausschliesslich durch Röhren und zwar die letztere (Einfallrohr) gewöhnlich in Verbindung mit einem Wassersammler (Einfallkasten), die Ableitung (Austragerohr) in Verbindung mit einem Ablaufkanal.

Je nachdem die Wirkung der Wassersäule nur auf einer Seite oder abwechselnd auf beiden Seiten des Kolbens stattfindet, unterscheidet man einfach oder doppelt wirkende Wassersäulenmaschinen, sowie nach der Zahl der Cylinder 1-, 2-, 3- u. s. w. stiefelige. — Bezüglich der Aufstellung ist noch ein Unterschied zwischen stehenden, liegenden und schwingenden, je nachdem der Stiefel vertikal, horizontal oder beweglich angeordnet ist.

Die Verbindung der Hauptteile einer einfach und einer doppelt wirkenden Wassersäulenmaschine lassen die Fig. 594 und 595 erkennen. Dem Einfallkasten A fliesst das Wasser durch einen Graben oder Kanal a zu, indem es zunächst einen Vorraum F zum Absetzen der mitgerissenen schweren Teile (Steine etc.) und ein Gitter b zum Zurückhalten der auf dem Wasser schwimmenden Teile passirt, während der Kasten A so gross gewählt wird, dass in demselben sich das Wasser genügend beruhigen und klären kann. Bei sehr unreinem Wasser sind mehrere Scheidewände vorhanden, um welche das Wasser herumströmt.

Zur Entnahme des Wassers mündet das Einfallrohr B entweder stumpf oder in der Weise ein, dass es heberförmig gebogen die Mündung nach unten richtet, um das Mitreissen der im Wasser schwebenden Teile möglichst zu vermeiden. Sehr zweckmässig ist die Anbringung einer Verschlussklappe k, die von einem Handhebel h umgestellt werden kann.

Zwischen dem Einfallrohre B und dem Treibcylinder C befindet sich die Steuerung D mit der Bestimmung, bei der einfachwirkenden Wassersäulenmaschine (Fig. 594) das Wasser zuerst aus B in das eine, durch einen Deckel abgeschlossene Cylinderende U ein — und nach gehobenen Kolben K durch das Austragerohr E wieder abzuführen, bei der doppeltwirkenden Maschine (Fig. 595) dahingegen abwechselnd B mit U und O dann O und U abwechselnd mit E in Verbindung zu setzen. Das hier gewählte Steuerorgan ist ein Drei- oder Vierweghahn (Fig. 174 und 175 S. 118), durch dessen Schwingung um 90° die gewünschten Verbindungen hervorgebracht werden. — Bei Zweicylindermaschinen trifft man zum Zwecke der Ausgleichung in der Regel die Anordnung, dass die Kolben sich entgegengesetzt bewegen.

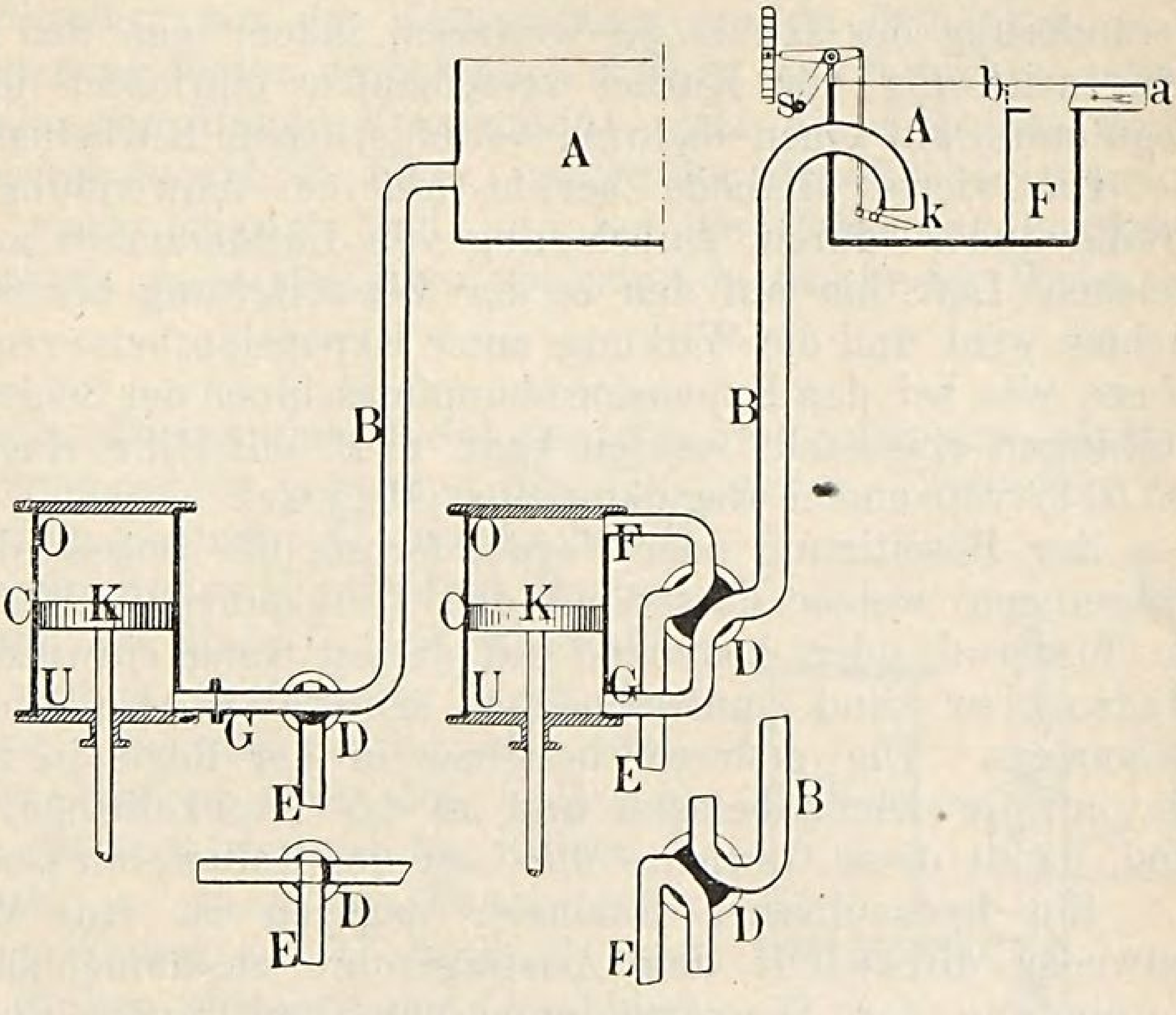


Fig. 594. Fig. 595.

Verschiedene Einrichtungen sind erforderlich, um einerseits die Geschwindigkeit des Treibkolbens zu regeln und andererseits den nachteiligen Einfluss zu beseitigen, den das oft sehr bedeutende Gewicht der bewegten Teile infolge der dadurch auftretenden Stösse verursacht.

Die bezeichnete Gangregelung kann in der Weise vorgenommen werden, dass man in der Zuleitung, in dem sog. Gurgelrohre G und in dem Ablaufrohre Klappen (Drosselklappen S. 100) oder Hähne (S. 117) selten Stellventile (S. 111) oder Schieber (S. 114) anbringt, um die Regelung durch Veränderung der Rohrquerschnitte zu bewirken. Diese Teile, welche man Tagpipen nennt und gewöhnlich mit der Hand einstellt, regeln also, indem sie die Zufluss- und Abflussmengen ändern, die in bestimmten Zeitabschnitten zur Verwendung kommen.

Infolge der bei dieser Regelungsmethode stattfindenden Drosselung, tritt eine beträchtliche Verminderung des Wirkungsgrades ein, weil die Absperrvorrichtungen als Krafttödter anzusehen sind. (S. 676).

Nach einer anderen Methode lässt man wie bei den Gasmotoren (S. 621)

durch vorübergehende Abstellung der Kraftwassers Füllungen ausfallen, wenn die Ganggeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet (Winter).

Nach einer dritten Methode sucht man die Regulirung durch eine Veränderung des Hubes zu bewirken, indem man den Kurbelzapfen in der Längenrichtung der Kurbel verschiebbar einrichtet und mit Hilfe eines Regulators auf einen dadurch veränderlichen Kurbelhalbmesser einstellt.

Die vierte Methode beruht auf der Anwendung von Luftkissen im Treibcylinder durch Anbringung von Luftkammern an den Cylindern, in welchen Luft bis auf den in der Wasserleitung herrschenden Druck verdichtet wird und die Wirkung einer Expansion hervorruft, wenn in gleicher Weise wie bei den Expansionsdampfmaschinen der Schieber auf verschiedene Füllungen eingestellt werden kann z. B. mit Hilfe einer Kulissensteuerung (S. 517) von einem Regulator aus (Mayer).

Zur Beseitigung oder Verminderung der Stösse dienen Massen oder Pressungen, welche derart mit den Treibkolben in Beziehung stehen, dass sie fördernd oder hemmend auf dessen Gang einwirken. Man nennt sie Balanzier und unterscheidet mechanische und hydraulische Balanziers. Die ersteren bestehen in der Regel in zweiarmigen Hebeln, die mit Gewichten belastet und an das Treibkolbengestänge angeschlossen sind, damit diese Gewichte die Last der Kolben mit Gestänge etc. aufheben.

Ein hydraulischer Balanzier dagegen ist eine Wassersäule, welche entweder direkt mit dem Austragerohre zusammenhängt oder bei einer Verbindung der Wassersäulenmaschine mit einem Pumpwerk das Druckrohr des letzteren füllt, also in allen Fällen ebenfalls durch Gegenwirkung eine Bewegungsbeschleunigung vermeidet beziehungsweise einen Stillstand des Kolbens allmählich vor der Umkehr herbeiführt.

Bezüglich der einzelnen Teile einer Wassersäulenmaschine ist zu bemerken, dass der Treibcylinder gewöhnlich aus Gusseisen, selten aus Bronze hergestellt wird. Als Treibkolben verwendet man sowohl Scheibenkolben als Plunger (S. 123) und zwar mit Stulp-, Manschetten oder Bramah-Liderung, (hydrostatische Liderung) selten mit Metallringen.

I. *Steuerungen.*

Den wichtigsten Teil einer Wassersäulenmaschine bildet jedoch die Steuerung, welche wesentlich aus zwei Vorrichtungen besteht, wovon die eine die Bewegungsänderung des Wassers unmittelbar hervorruft und als innere Steuerung bezeichnet wird, während die andere die Bestimmung hat, den Wechsel der ersteren herbeizuführen und die äussere Steuerung heisst.

Bei der Anordnung der Steuerungen ist vor allem auf den Umstand Rücksicht zu nehmen, dass das Wasser weder als zusammendrückbar noch ausdehnbar gelten kann. Infolgedessen würden bei plötzlichem Abschluss zunächst bei der Betriebswassersäule durch Absperrung der kinetischen Energie heftige Stösse (sog. Widder) und Erschütterungen entstehen, die leicht ein Bersten der Röhren etc. veranlassen. Ausserdem hört in dem Augenblicke, in welchem das Druckwasser von dem Treibcylinder abgesperrt wird, auch in dem letzteren plötzlich der Druck, also die Kolbenbewegungsursache auf, wodurch wiederum Stösse auftreten, aber auch die Möglichkeit ausgeschlossen wird, ohne weiteres die Bewegung des Kolbens

zur Steuerung zu benutzen, weil diese Bewegung im Augenblicke der Umsteuerung auslässt. Die innere Steuerung ist demnach in der Weise einzurichten, dass die Absperrung nicht plötzlich erfolgt, und die äussere Steuerung nicht unmittelbar von der Kolbenstange aus zu bethätigen.

Zur inneren Steuerung finden vornehmlich Kolben und Schieber, selten dahingegen Hubventile und Hähne Verwendung. Da diese Organe unter dem Drucke der Wassersäule stehen, daher, infolge der oft sehr bedeutenden Höhe der letzteren, stark belastet sind und bei der Bewegung beträchtliche Arbeit verursachen, so sucht man sie stets in passender Weise zu entlasten.

Die allgemeine Anordnung einer Kolbensteuerung für eine einfach wirkende Wassersäulenmaschine geht aus Fig. 596 hervor. Zwischen der Einfallröhre B und dem Cylinder C mit Kolben K befindet sich der Steuercylinder D mit dem Doppelkolben 1 und 2, durch das Rohr G (Gurgelrohr) mit dem Cylinder C und das Ablaufrohr E mit dem Ablauf in Verbindung. Bei der gezeichneten Stellung gelangt das Druckwasser unter den Kolben K und hebt denselben; gelangt darauf der Kolben 2 in die höhere Lage 3, so wird das Druckwasser abgesperrt, somit das Wasser aus U durch G zum Abfliessen und der Kolben vermöge des Gewichtes des Gestänges zum Niedergang gebracht. Man sieht hieraus, dass nur der Kolben 2 zur Steuerung, dahingegen der Kolben 1 zur Aufnahme eines gleichgrossen Gegendruckes also zur Entlastung dient.

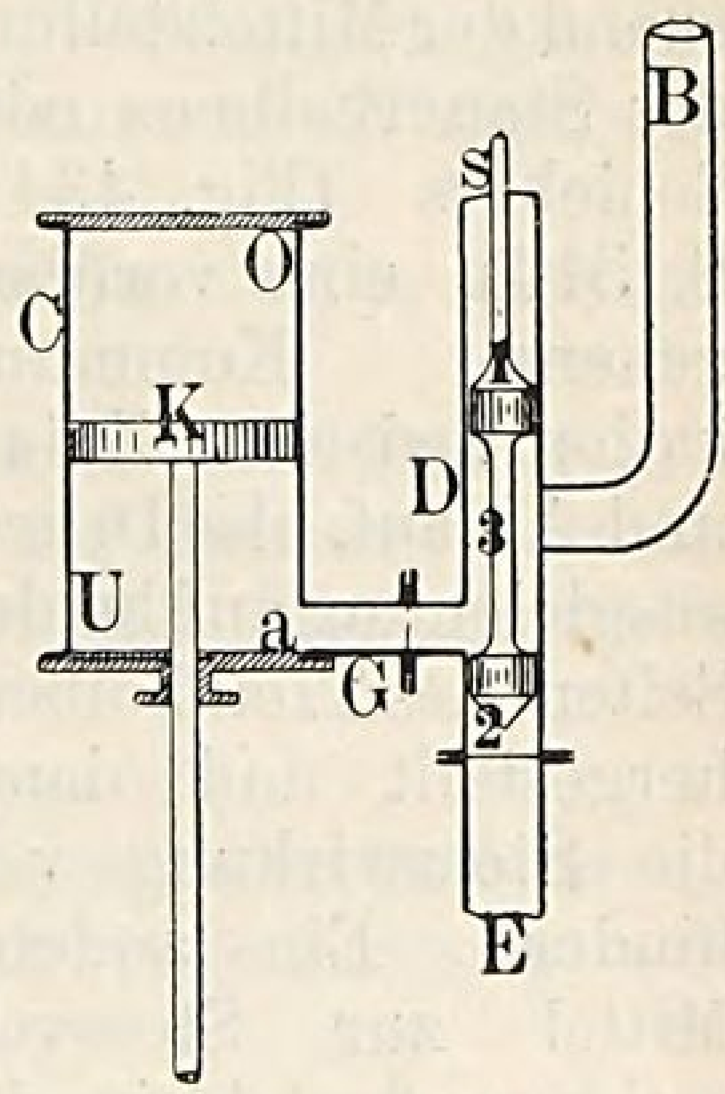


Fig. 596.

Fig. 597 zeigt die Grundlage einer Kolbensteuerung für eine doppeltwirkende Wassersäulenmaschine. Der Treibcylinder C steht durch a und b mit dem Steuercylinder D und dieser einmal mit dem Einfallrohre B B und ausserdem durch c und d mit dem Ablaufrohre E in Verbindung. In der gezeichneten Stellung der Kolben 1 und 2 gelangt das Druckwasser von B durch b in den Raum O über dem Kolben, das gebrauchte Wasser durch a und d nach E. Werden dahingegen die Kolben 1 und 2 in die punktirte Lage 4 und 5 gesteuert, so wechseln beide Vorgänge: das Druckwasser tritt durch a in den unteren Cylinderraum U, das gebrauchte Wasser läuft durch b, c und E ab.

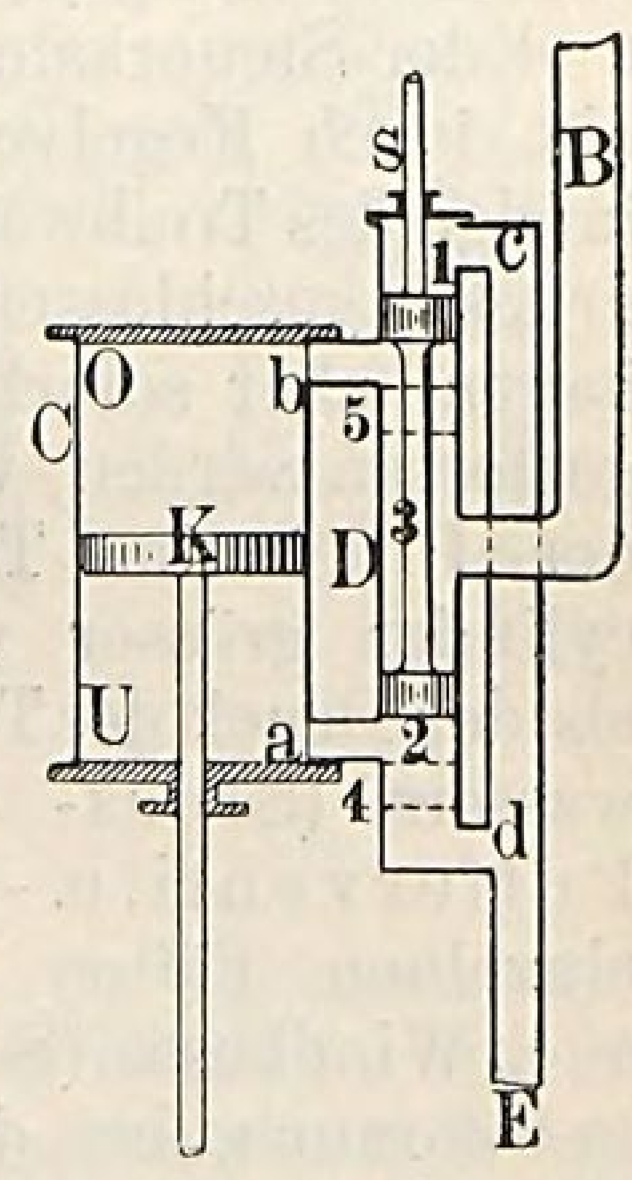


Fig. 597.

Um einen allmählichen Abschluss der einzelnen Kanäle zur Milderung des Stosses zu erreichen, bekommen diejenigen Kolbenseiten, welche vor diese Kanäle treten, eine kegelförmige Verlängerung, damit der Wasserring nach und nach verschwindet. — Zur Abdichtung der Steuerkolben benutzt man fast ausschliesslich eine Liderung aus Lederscheiben (Fig. 184, IVa, S. 125), selten aus Metallringen, mitunter aus einem Lederstulp (Fig. 184, III) in Verbindung mit Ringen aus Zinn (Reichenbach).

Die Schiebersteuerung der Wassersäulenmaschinen beruht auf denselben Gesetzen, wie diejenige der Dampfmaschinen S. 512. Als Schieber dient ein entlasteter Muschel- oder Rohrschieber (Fig. 443 S. 421). Zur Verminderung der Stösse bei der Bewegungsumkehr des Treibkolbens wendet man vielfach eine Voröffnung bezw. Vorauströmung (S. 512) an, indem man die Deckflächen der Kolben oder Schieber etwas schmäler wählt, als die Eintrittskanäle. Infolge dieser geringeren Breite ist bei der Endstellung des Treibkolbens, entsprechend der Mittelstellung des Steuerkolbens oder Schiebers (Fig. 434 II S. 514), eine vorübergehende Kommunikation zwischen Zulauf und Ablauf, also Druckausgleichung auf beiden Seiten des Treibkolbens hergestellt und damit die Stosswirkung verhindert. Ein anderes Mittel zur Stossvermeidung besteht in der Anbringung von Kommunikationsröhren zwischen dem Treibcylinder und der Steuerkammer, die durch Kegelventile infolge des Treibwasserdruckes geschlossen gehalten, aber sofort aufgestossen werden, wenn der Druck im Treibcylinder grösser wird, als der Druck des Treibwassers (Stoss- oder Pufferventile. — In einzelnen Fällen sind auch Windkessel (S. 166) in Gebrauch, bei deren Verwendung aber darauf zu achten ist, dass sie stets eine genügende Menge Luft enthalten. — Am vollständigsten werden die Kolbenstösse durch eine Anordnung (Mayer S. 714) vermieden, bei der im Treibcylinder Luftkammern angebracht sind, in welchen Luft komprimirt wird (Luftpuffer).

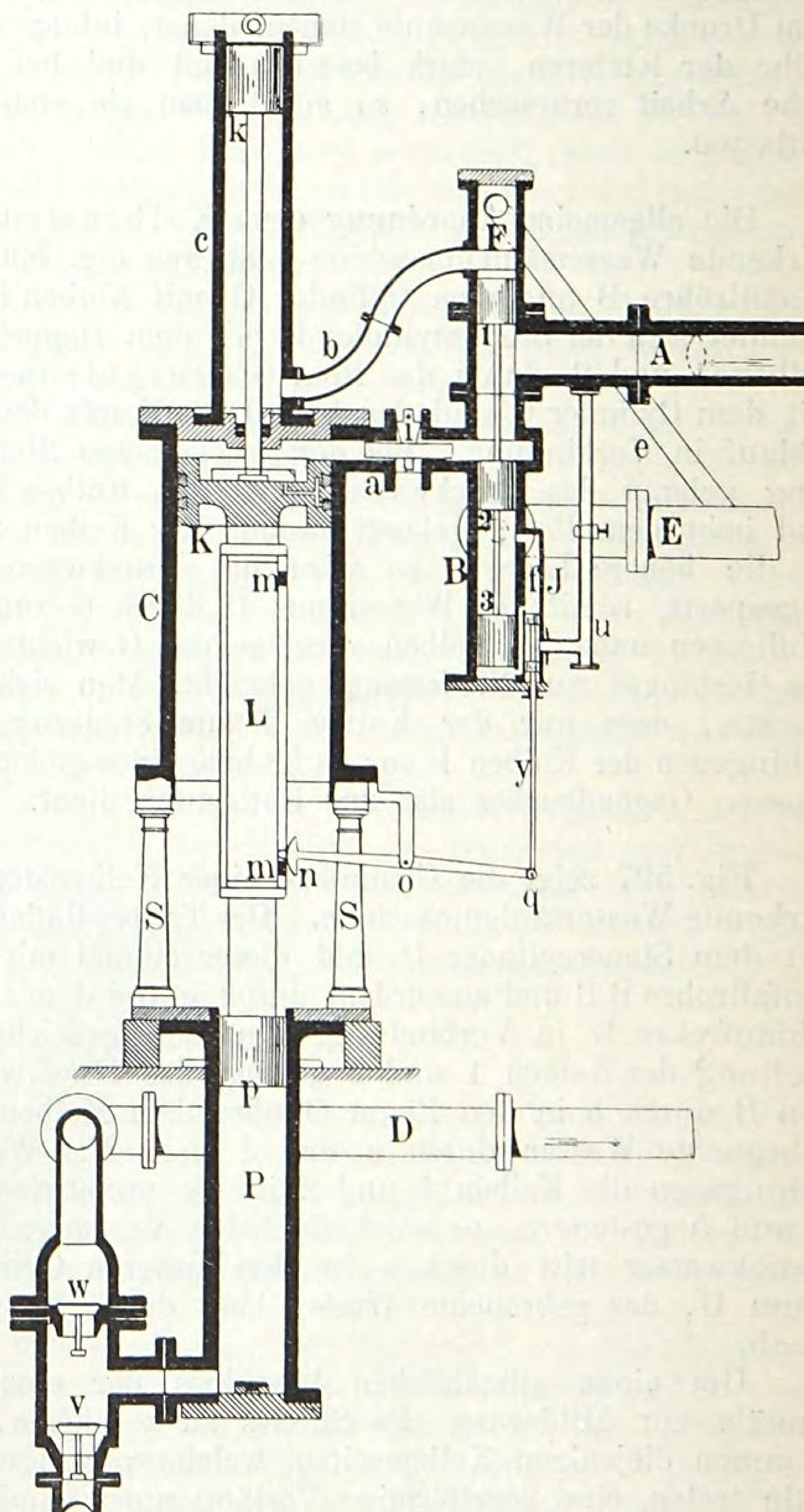


Fig. 598

Die Thätigkelt der Steuerorgane kann erst beginnen, wenn der Treibkolben am Ende seines Laufes angekommen und zur Ruhe gelangt ist. Da infolgedessen die Steuerungsteile von dem Treibkolben wohl einen Anstoss, aber keine ausreichende Fortsetzung ihrer Bewegung erhalten können, so ist zu dieser Bewegungsdurchführung ein Zwischenapparat erforderlich, der nur eines Anstosses von Seite des Treibkolbens bedarf, um dann, nachdem der Treibkolben zur Ruhe gelangt ist, die Steuerungsteile so weit fort zu bewegen, bis die Umsteuerung erfolgt ist. Bei den Wassersäulenmaschinen mit Übertragung der Kolbenbewegung auf eine Kurbelwelle tritt dieser Vorgang wie bei den Dampfmaschinen durch Verwendung der in einem Schwungrad aufgesammelten lebendigen Kraft ein. Bei den hin- und hergehenden Maschinen dahingegen wird zu diesem Zwecke eingeschaltet entweder

1. ein Gewicht, welches von dem bewegten Treibkolben gehoben, bei dem Hubende des letzteren frei gemacht und somit zur Wirkung gebracht wird (Gewichtsteuerung), oder

2. eine in gleicher Weise gespannte und losgelassene Feder (Federsteuerung), oder

3. eine Hilfswassersäulenmaschine, welche unmittelbar von der Kraftmaschine durch den Treibkolben während des letzten Wegteiles desselben umgesteuert wird und darauf das eigentliche Steuerorgan in Thätigkeit setzt.

Der zur Gewichtsteuerung gehörende Vermittelungsapparat besteht aus einem Systeme von Hebeln und Klinken (daher Hebelsteuerung oder Sperrklinkensteuerung), dessen Grundanordnung, zunächst für eine Ventilsteuerung bestimmt, aus Fig. 599 hervorgeht, welche dieselbe in den drei Hauptbewegungszuständen veranschaulicht. Man erkennt zunächst in a b c einen mit zwei Nasen und Haken a, b versehenen Sperrhaken, der um den Bolzen bei c drehbar ist. Unter diesem Haken befindet sich eine horizontale kurze Achse d mit der Hakennase x, den Hebeln d f, d e und d g. An dem Hebel d f hängt das Einlassventil A, an dem Hebel d g ein entsprechendes Gewicht G. Eine ähnliche Achse ist i mit Daumen z, dem Hebel i k für die Aufnahme eines Gewichtes Q, dem Hebel i l für das Auslassventil E und dem Steuerhebel i h. Endlich ist noch die Steuerstange T vorhanden, welche mit dem Treibkolben der Wassersäulenmaschine die gleiche Auf- und Abbewegung ausführt und diese Bewegung mittels entsprechender Steuerknaggen m und n auf die Steuerhebel d e und i h überträgt.

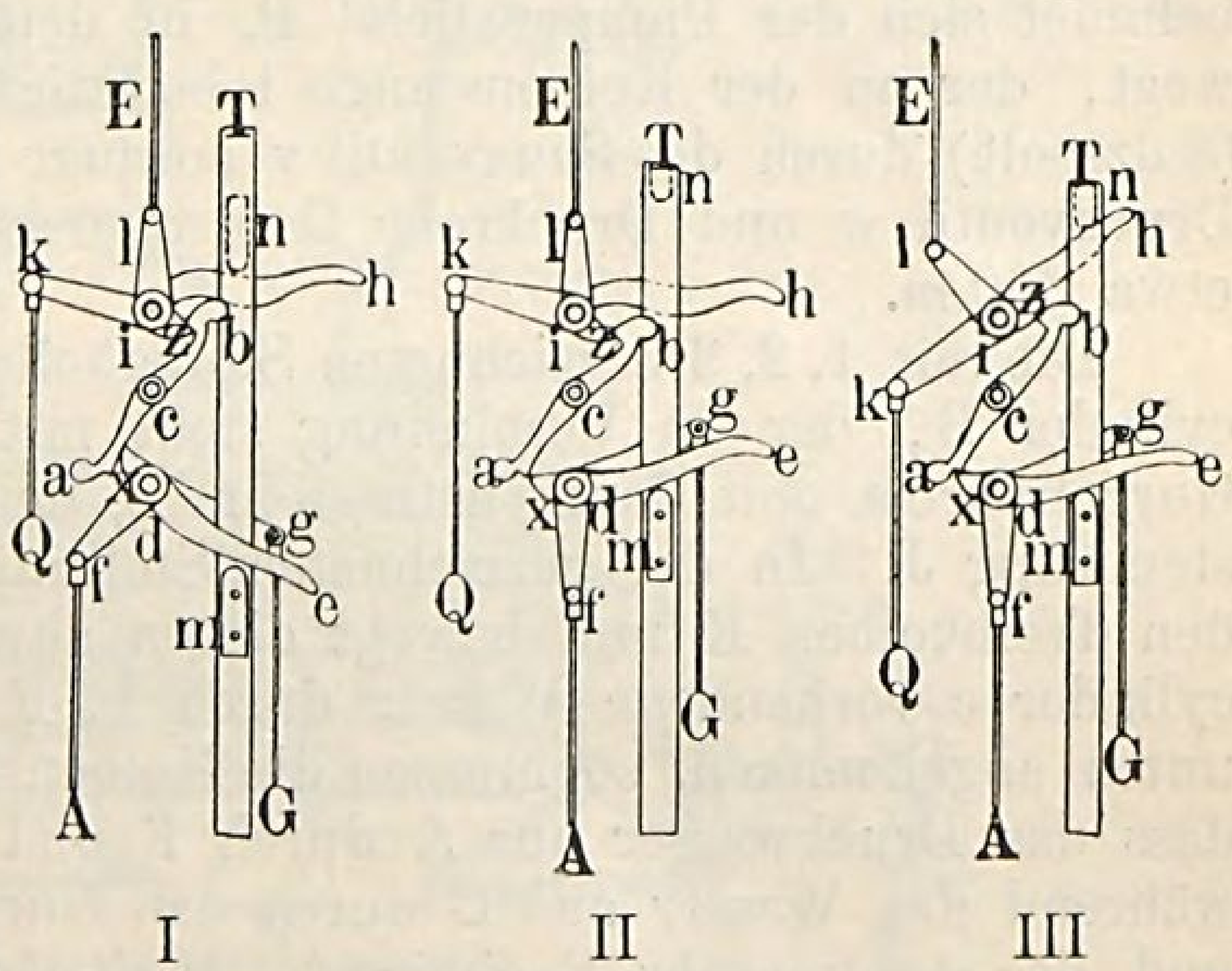


Fig. 599.

In der Stellung I befindet sich T im Aufgang, m stösst gegen d e, die Nase x dreht die Sperrklinke a c b so weit, bis der Haken b frei wird

(Stellung II), während zugleich der Hebel d f das Ventil A abwärts bewegt und der Hebel d g das Gewicht G gehoben hat. Am Schlusse dieser Aufwärtsbewegung springt der Haken b von z ab, dadurch löst sich z aus, das an i k hängende Gewicht Q dreht sofort die Achse i, wodurch das an i l sitzende Ventil E nach abwärts und der Steuerhebel nach aufwärts geht, während zugleich die Nase x in die Sperrklinke a c b einfällt (Stellung III). Dieser Zustand bleibt erhalten bis die Steuerstange T die Abwärtsbewegung antritt, worauf der Knaggen n zuerst den Steuerhebel i h mitnimmt und dadurch in umgekehrter Reihenfolge die genannten Bewegungen wiederholt, bis wieder die Stellung I erreicht ist, worauf dasselbe Spiel von neuem beginnt.

Bezüglich der Anordnung einer Federsteuerung genügt die Erwähnung, dass sich dieselbe von der Gewichtsteuerung wesentlich nur dadurch unterscheidet, dass statt der Gewichte Spiralfedern mit den Stangen A und E verbunden sind.

Bei weitem am häufigsten stehen bei Wassersäulenmaschinen Kolbensteuerungen mit Kolbenvorsteuerungen in Verwendung. Die in Fig. 598 S. 706 dargestellte einfach wirkende Wassersäulenmaschine in Verbindung mit einer Saug- und Druckpumpe (Reichenbach) ist als die Grundlage der in Rede stehenden Ausführungen zu betrachten.

Der aufrechtstehende Treibcylinder C ruht auf gusseisernen Säulen S. In demselben bewegt sich der Kolben K durch den Wasserdruck abwärts und mittels eines Hilfskolbens k in dem Hilfscylinder c ebenfalls durch Wasserdruck aufwärts. In der verlängerten Achse des Treibcylinders C befindet sich der Pumpenstiefel P, in dem sich ein Pumpenkolben p bewegt, der an der Kolbenstange l befestigt ist, beim Aufgang Flüssigkeit (Salzsoole) durch das Saugventil v ansaugt und beim Niedergang durch das Druckventil w und Druckrohr D fortdrückt auf eine senkrechte Höhe von etwa 360 *m*.

Die mit 1, 2, 3 bezeichneten Steuerkolben befinden sich in dem Steuercylinder B, der in Verbindung steht mit dem Einfallrohre A, mit dem Gurgelrohre a, mit dem Austragrohre E, den Röhren b und e und der Vorsteuerung J. In der gezeichneten Stellung gelangt das Druckwasser über den Treibkolben K und bewegt diesen abwärts, wobei das in dem Druckcylinder c vorhandene Wasser durch b, F und e nach E abfliesst. Ist K unten angekommen, so müssen die Kolben 1 und 2 soweit gehoben werden, dass das Druckwasser aus A durch F und b unter den Kolben K gelangt, während das Wasser aus C durch das Gurgelrohr a, den Steuercylinder B und das Austragrohr E abfliesst. Weil sich also 1 und 2 gleichläufig bewegen, so sitzen sie auf einer gemeinsamen Spindel, welche unten bei 3 zugleich den Kolben aufnimmt, auf den der Vorsteuerapparat J unmittelbar einwirkt.

Dieser Steuerapparat wird von einer cylindrischen Kammer f gebildet, die oben und unten in die Hauptsteuerkammer B einmündet und zwar unten durch einen besonderen Seitenkanal. Beim Abwärtsgang der Kolben 1, 2, 3 wird das unter 3 befindliche Wasser durch die Kammer f in das Austragrohr E gedrückt und entfernt. In der Kammer f befindet sich ferner ein Steuerkolbenpaar mit der nach aussen tretenden Stange y, und neben derselben ein Rohr u, welches aus dem Einfallrohre A Druckwasser in den

Vorsteuerapparat J leitet. Die Steuerstange y ist nun an einen Hebel n o q angehängt, der durch die beiden an dem Kolbengestänge l sitzenden Knaggen m und m in Schwingung gesetzt wird. Stösst der untere Knaggen im letzten Augenblicke des Treibkolbenaufganges gegen den Steuerhebel, so wird dadurch die in der Zeichnung dargestellte Lage hervorgebracht: Beginn der Abwärtsbewegung. Am Schlusse dieser Bewegung nimmt der obere Knaggen dahingegen den Hebel n o q nach unten mit. Die Vorsteuerkolben heben sich, das Druckwasser gelangt unter den Steuerkolben 3 und hebt das Kolbensystem 3, 2, 1 so hoch, dass 2 über a und 1 über b zu stehen kommt. Das Druckwasser strömt sodann aus A durch b unter den Aufziehkolben k, der den Treibkolben K mit Gestänge und Pumpenkolben hebt, während das Wasser des vorhergegangenen Hubes durch a und B nach E abfliesst. Zur Regelung der Treibkolbengeschwindigkeit dient die in dem Einlaufrohre A angebrachte Drosselklappe L und die in dem Gurgelrohre a vorhandene Drehklappe u, während die in dem Pumpendruckrohre D stehende Flüssigkeitssäule den hydraulischen Balanzier bildet (S. 704).

Eine eigentümliche, vollständig selbstwirkende Kolbensteuerung mit Kolbenvorsteuerung einer doppeltwirkenden, liegenden Wassersäulenmaschine

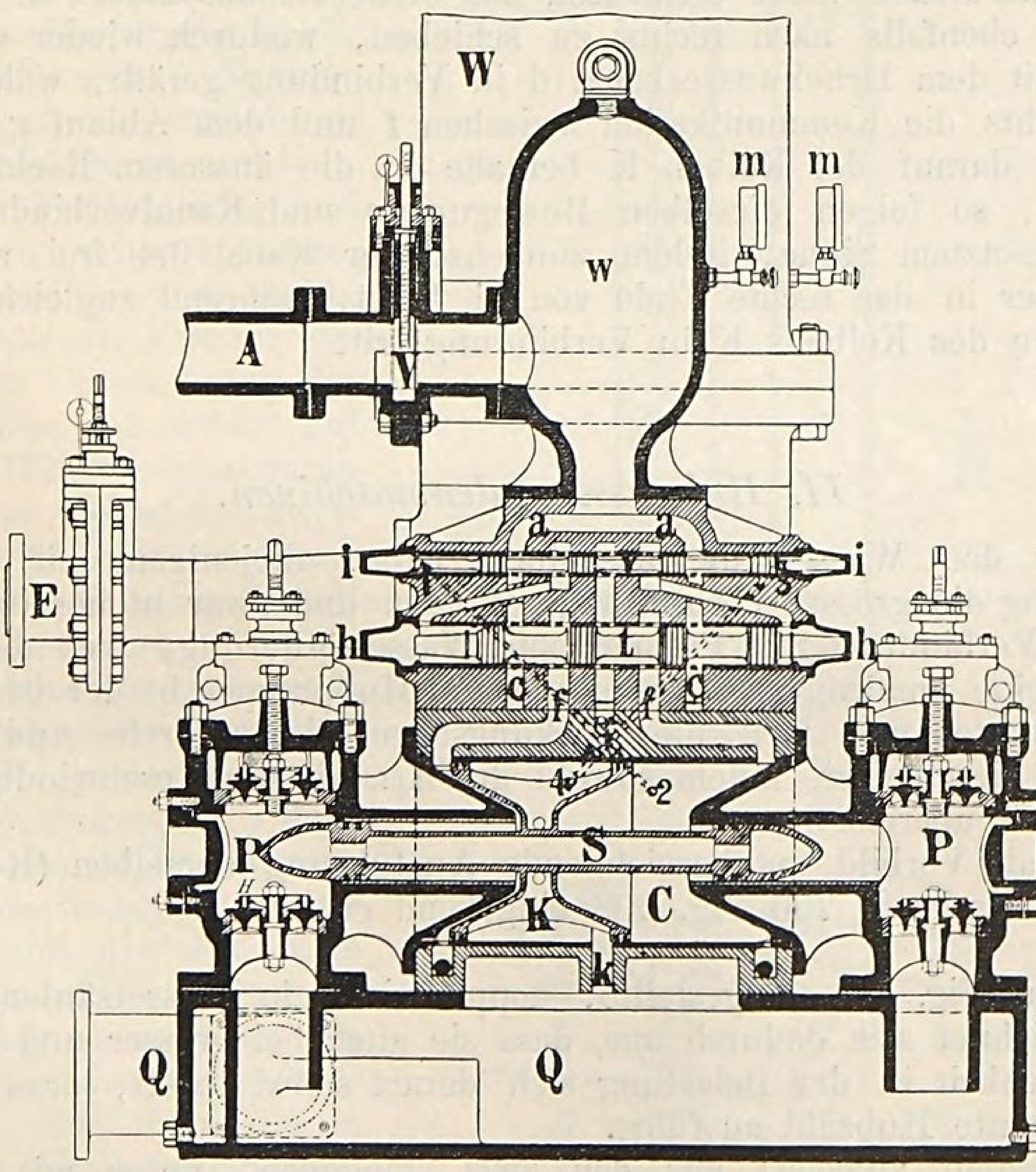


Fig. 600.

in Verbindung mit zwei Pumpen (Roux), geht aus Fig. 600 hervor. In dem Treibcylinder C, der an beiden Enden mit kegelförmig nach innen

vortretenden Deckeln D D versehen ist, bewegt sich der ebenfalls aus zwei Hohlkegeln gebildete Treibkolben K mit der Kolbenstange S, die an beiden Enden als Pumpenkolben für die Pumpen P und P ausgebildet ist. Das Druckwasser gelangt durch das Einfallrohr A erst in einen Windkessel w und von hier abwechselnd links und rechts durch die Kanäle a und a sowie c und c, nebst f und f in den Treibcylinder C, auf diesem Wege die Spindeln der Steuerkolben umspielend. Den Ausweg dahingegen findet das gebrauchte Wasser aus dem Treibcylinder durch die Kanäle f und f, sowie g und k zu dem Saugkasten Q der Pumpen. Die hierzu verwendete Steuerung besteht aus der Hauptkolbensteuerung in dem Gehäuse h h und der Vorsteuerung in dem Gehäuse i i, mit den Steuerorganen aus je vier Kolbenansätzen und den entsprechenden Wasserverteilungskanälen, unter welchen die mit 1,2 und 3,4 bezeichneten deshalb bemerkenswert sind, weil sie eine direkte Verbindung des Treibcylinders mit dem Ende des Gehäuses i i vermitteln. In der gezeichneten Stellung hat der Treibkolben K eben seinen Hub nach links vollendet. Kurz vor dieser Hubvollendung hat der Kolben K die Öffnung 2 im Cylinder C frei gegeben und damit das Druckwasser veranlasst, durch 2,1 in i i einzutreten und das Vorsteuerkolbensystem v nach rechts gedrängt. Infolgedessen wurde der linke Kanal a frei und das Druckwasser veranlasst, das Steuerkolbensystem t in dem Gehäuse h h ebenfalls nach rechts zu schieben, wodurch wieder der linke Kanal f mit dem Druckwasserkanal d in Verbindung geräth, während zugleich rechts die Kommunikation zwischen f und dem Ablauf g etc. entsteht. Ist darauf der Kolben K beinahe in die äusserste Rechtsstellung gekommen, so folgen dieselben Bewegungen und Kanalverbindungen in entgegengesetztem Sinne, indem zunächst der Kanal 3,4 frei wird und Druckwasser in das rechte Ende von i i leitet, während zugleich 1,2 mit dem Innern des Kolbens K in Verbindung tritt.

II. Hubwassersäulenmaschinen.

Unter den Wassersäulenmaschinen haben diejenigen mit einfacher Hubwirkung die grösste Verbreitung gefunden und zwar in hervorragender Weise in Verbindung mit Pumpen zur Wasserförderung, weil die Anlage derselben eine unmittelbare Vereinigung mit Hubpumpen in der bequemsten Weise gestattet und weil die Wirkungsform dieser Kraft- und Arbeitsmaschinen dieselbe ist, indem sowohl die Art, als die Geschwindigkeit der Bewegungen übereinstimmt.

Eine als Vorbild zu bezeichnende Ausführung derselben (Reichenbach) ist bereits S. 706 Fig. 598 eingehend erörtert.

Die in Fig. 601 dargestellte, doppeltwirkende Wassersäulenmaschine (Kley) zeichnet sich dadurch aus, dass sie auch bei grosser und schneller Veränderlichkeit in der Belastung sich derart selbst regelt, dass sie stets eine bestimmte Hubzahl ausführt.

Sie besteht zunächst aus den zwei stehenden, unten mit einander durch ein Bogenstück verbundenen Treibcylindern C und D mit den beiden Treibkolben K und K. Der Raum unter den Treibkolben bleibt stets mit demselben Wasser gefüllt. Das Betriebswasser tritt abwechselnd durch

einen der Kanäle a und b über einen der Kolben und treibt diesen nach unten, während das eingeschlossene Wasser die Pressung auf den anderen Kolben überträgt und diesen in die Höhe schiebt. Die Kolbenstangen sind durch Stopfbüchsen in den Cylinderdeckeln hindurchgeführt und übertragen ihre Bewegung vermittelst Traversen T, T auf das Gestänge S, S, wobei das unter den Kolben befindliche Wasser durch seine Verschiebung zugleich zur Ausgleichung des Gestängegewichtes beiträgt.

Das Betriebswasser gelangt durch das Einfallrohr A in das Steuergehäuse B, vermittels einer Kolbensteuerung abwechselnd durch die Gurgelröhren a und b in einen der Treibcylinder und zurück in eine der Austrageröhren F und G zum Ablaufen. Die zu diesem Zwecke erforderliche Umsteuerung der Steuerkolben k, k erfolgt auf zweierlei Weise: einmal durch die Maschine selbst und zweitens durch die doppeltwirkende hydraulische Hilfsmaschine E mit Kolbensteuerung.

Zur Umsteuerung durch die Maschine selbst dient eine an einer Stange des Gestänges sitzende Zahnstange z, welche in das Zahnrad R eingreift, von dem die Bewegung mittels Trieb r und die mit einem Zahnstangenstück versehene Schubstange x x auf den Endpunkt y des Hebels O O übergeht, der dann die in der Mitte eingehängte Steuerkolbenstange s s und damit die Steuerkolben k k verschiebt.

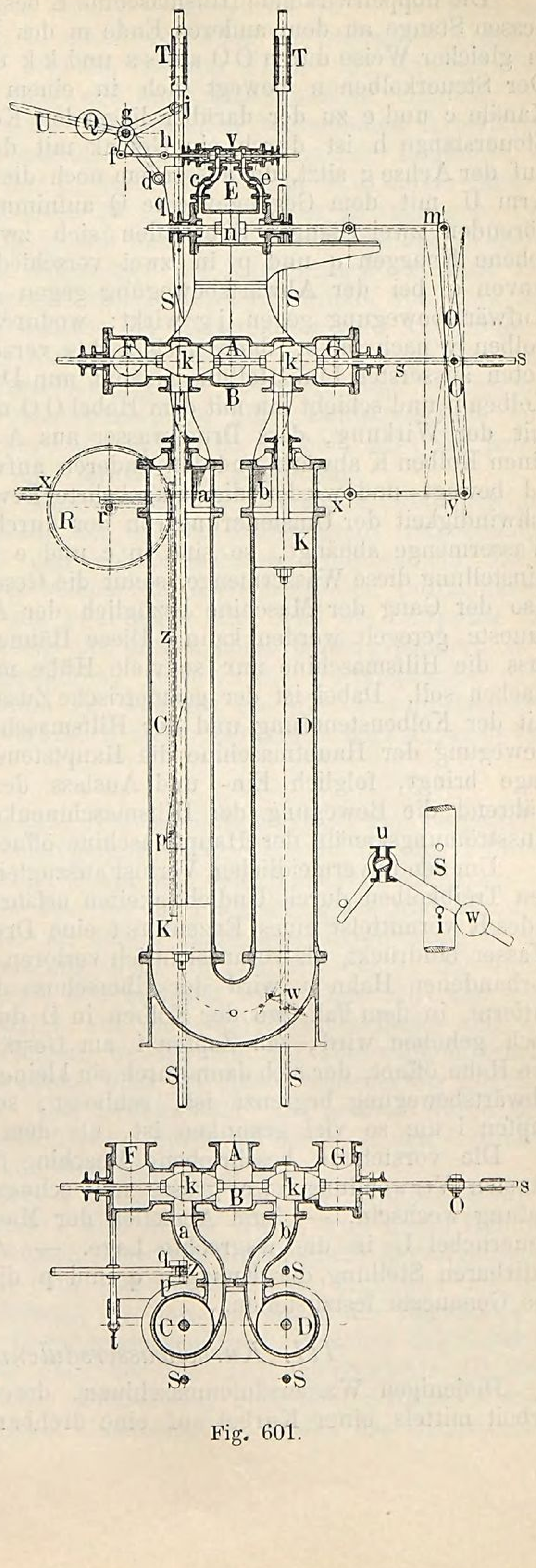


Fig. 601.

Die doppeltwirkende Hilfsmaschine E besitzt einen steuerbaren Kolben n, dessen Stange an dem anderen Ende m des Hebels O O angreift und somit in gleicher Weise durch O O auf s s und k k einwirkt, wie die Zahnstange z. Der Steuerkolben n bewegt sich in einem Cylinder, von dem die zwei Kanäle c und e zu der darüber liegenden Kolbensteuerung v führen. Die Steuerstange h ist durch ein Gelenk mit dem Hebel f g verbunden, der auf der Achse g sitzt, die ausserdem noch die Hebel g d und g j, sowie den Arm U mit dem Gegengewichte Q aufnimmt. Auf einer der zu C gehörenden zwei Stangen S befinden sich zwei mit schrägen Flächen versehene Knaggen q und p in zwei verschiedenen Ebenen neben einander, wovon q bei der Abwärtsbewegung gegen den Hebel d g und p bei der Aufwärtsbewegung gegen j g wirkt: wodurch von g f einmal der Steuerkolben v nach links, dann nach rechts verschoben wird. In der gezeichneten äussersten Linksstellung gelangt nun Druckwasser durch c gegen den Kolben n und schiebt ihn mit dem Hebel O O und den Kolben k k nach rechts mit der Wirkung, dass Druckwasser aus A durch b nach D strömt, den einen Kolben K abwärts und den anderen aufwärts treibend, bis p den Hebel j d bewegt und wieder die umgekehrte Bewegung einleitet. Da die Geschwindigkeit der Umsteuerung von der durch c und e gegen n drückenden Wassermenge abhängt, so sind in c und e Hähne angebracht, mit deren Einstellung diese Wassermenge, somit die Geschwindigkeit der Umsteuerung, also der Gang der Maschine bezüglich der Anzahl der Hübe auf das Genaueste geregelt werden kann. Diese Hähne werden demnach so gestellt, dass die Hilfsmaschine nur so viele Hübe macht, als die Hauptmaschine machen soll. Dabei ist der geometrische Zusammenhang der Hauptmaschine mit der Kolbensteuerung und der Hilfsmaschine derart getroffen, dass die Bewegung der Hauptmaschine die Hauptsteuerkolben k, k in ihre mittlere Lage bringt, folglich Ein- und Auslass des Betriebswassers abschliesst, während die Bewegung der Hilfsmaschinenkolben dagegen die Ein- und Ausströmungskanäle der Hauptmaschine öffnet.

Um den unvermeidlichen Verlust auszugleichen, den das Wasser zwischen den Treibkolben durch Undichtigkeiten erfährt, treibt die Welle des Zahnrades R vermittelst eines Exzenters t eine Druckpumpe an, die etwas mehr Wasser eindrückt, als voraussichtlich verloren geht. Durch einen am Fusse vorhandenen Hahn u wird der Überschuss durch das Spiel der Maschine entfernt, in dem Fall, wo der Kolben in D durch den Wasserüberschuss zu hoch gehoben wird, ein Zapfen i am Gestänge den Hahnhebel fasst und den Hahn öffnet, der sich dann durch ein kleines Belastungsgewicht w, dessen Abwärtsbewegung begrenzt ist, schliesst, sobald das Gestänge mit dem Zapfen i um so viel gesunken ist, als dem Wasserüberschuss entspricht.

Die vorstehend beschriebene Maschine findet hauptsächlich bei Fahrkünsten Verwendung, wo grosse und schnelle Veränderungen in der Belastung wechseln. — Zum Abstellen der Maschine bringt man den Handsteuerhebel U in die wagrechte Lage. — Ausserdem ist infolge der regulirbaren Stellung der Knaggen q und p die Begrenzung des Hubes auf das Genaueste festzustellen.

III. Kurbelwassersäulenmaschinen.

Diejenigen Wassersäulenmaschinen, deren Kolben die aufgenommene Arbeit mittels einer Kurbel auf eine drehbare Welle übertragen, werden

des gleichmässigen Ganges wegen stets doppeltwirkend und vorwiegend mit liegendem oder schwingendem, in einzelnen Fällen mit stehendem Cylinder angeordnet. Als Steuerorgane kommen fast nur Flach- und Rundschieber, selten Hubventile zur Verwendung und zwar ausschliesslich entlastet, um den bei unentlasteten Steuerorganen auftretenden bedeutenden Arbeitsverbrauch infolge der zu überwindenden Reibungswiderstände möglichst zu vermindern. Die Bewegung der Steuerorgane erfolgt von einem Steuerexzenter mit Rücksicht auf die oben (S. 706) erwähnten Erwägungen, also vielfach ohne Deckungen. Um jedoch den hierbei stattfindenden Wasserverlust zu umgehen, werden neuerdings die Kurbelmaschinen auch mit Deckungen ausgeführt entsprechend einem Voreilungswinkel von etwa 20° (S. 514). Dadurch erfolgt der Schluss der Einströmung und Ausströmung vor dem Hubende des Kolbens früher und deshalb hinter dem Kolben ein Vakuum, das die Bewegung desselben zögernd beeinflusst und endlich ein Vorgang, welcher der Kompressionsperiode in einer Dampfmaschine entspricht. Um diese beiden Vorgänge unschädlich zu machen, wird mit jedem Einlasskanal ein kleines Saug- und Druckventil angebracht.

Zur Gangregelung werden sämtliche S. 703 erwähnten Methoden angewendet, zugleich mit Benutzung der in dem Schwungrade dargebotenen Masse zur Ausgleichung. Zu den vollkommensten Anordnungen dieser Art gehört jedoch diejenige, bei welcher die oben erwähnten Luftkammern mit zur Benutzung gelangen und zwar nicht nur, weil die Luftpuffer ein vorzügliches Mittel zur Aufhebung der Kolbenstösse bilden, sondern weil sie zugleich die Möglichkeit gewähren, verschiedene Füllungsgrade nach Art der Expansionsdampfmaschine zu wählen, um die Leistungsfähigkeit der Maschine oder den Wasserverbrauch stets dem Kraftbedarf anpassen zu können.

In Fig. 602 ist eine liegende Kurbelmaschine (Mayer) dargestellt, welche mit Luftpuffern und Selbstregelung durch Veränderung der Füllung ausgestattet ist. Der Treibcylinder C, der mit dem Wasserverteilungskasten aus einem Stücke gegossen, an das Gestell G angeschlossen und mit dem Deckel D versehen ist, besitzt an jedem Ende eine Erweiterung u zur Aufnahme von Luft. Zur Steuerung dient ein Spaltschieber s, der durch eine nachstellbare Platte gedichtet und entlastet wird. Die Ein- und Ausströmungskanäle a, b und c treten auf die ebene Schieberfläche und erhalten Fortsetzungen in Aussparungen, welche nicht nur eine vollkommenere Entlastung, sondern auch bezwecken, dass bei einem Schieberweg gleich s der Kanal um 2 s sich öffnet. Das Druckwasser tritt seitlich durch den Stutzen A ein, um den Cylinder herum, durch a oder b in den Cylinder, sowie durch a oder b und c aus dem Stutzen E aus.

Die Bewegung des Schiebers s erfolgt von den zwei Kreisexzentern e und der Stephenson'schen Kulisse i, also in der Weise, dass durch Hebung oder Senkung der Kulisse die verschiedensten Füllungsgrade hervorgebracht werden können (S. 518). Zu dem Zwecke hängt die Kulisse i an der Stange l, die ein Hebel n aufnimmt, der mit der Hülse des Regulators R in Verbindung steht und ein Gegengewicht q trägt, welches das Gewicht der Kulisse etc. ausgleicht, so dass der Schwungkugelregulator die Einstellung mit Leichtigkeit bewirkt. Unmittelbar über dem Schieber s steht auf der Schieberkammer ein Druckwindkessel W, in den das Druckwasser

ohne Richtungsänderung in dem Augenblicke eintritt, in welchem der Schieber den Zutritt zum Cylinder abschneidet. Ausser diesem Druckwindkessel sind noch zwei kleine Windkessel k, k über den Luftkammern u u und mit diesen zusammenhängend angebracht. An der Seite dieser Expansions-

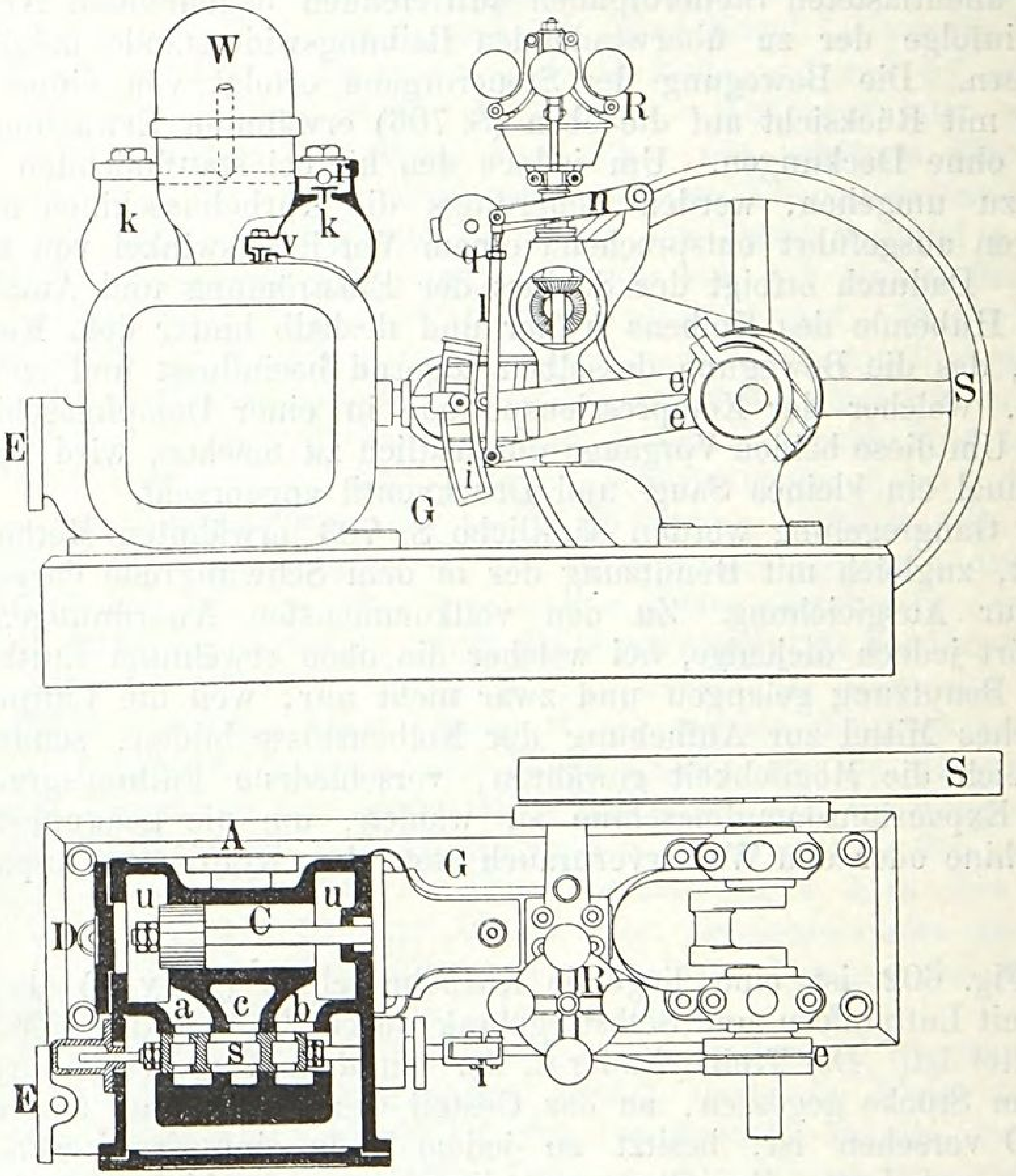


Fig. 602.

windkessel befinden sich Saugventile v, die sie öffnen und Luft einlassen, wenn die Spannung in den Luftkammern unter den Druck einer Atmosphäre sinkt, so dass in den Luftkammern stets die erforderliche Luftmenge vorhanden ist. — Da sich der Druckwindkessel (S. 199) unter dem Drucke des Wassers bald von der Luft entleert und dann die Wirkung versagt, so muss ein unausgesetztes Nachfüllen von Luft stattfinden. Zu diesem Zwecke erhalten die Expansionswindkessel k eine Röhrenverbindung mit dem Druckwindkessel W, die in den ersteren durch Druckventile r geschlossen werden, die unter dem Drucke des Druckwassers stehen. Sowie also die Luft in den Luftkammern weiter zusammengedrückt wird, tritt sie durch diese Ventile in den Druckwindkessel und ersetzt hier die verloren gegangene Luft in solchem Maasse, dass stets genügend Luft in demselben vorhanden ist.

Bei der vorstehend beschriebenen Maschine kann man die durch den

hydraulischen Widder veranlasste Gefahr der Stösse vollständig beseitigt ansehen, da das Druckwasser auf ein elastisches Luftkissen stösst. Ausserdem richtet sich infolge der Selbstregelung mit Hilfe des Regulators und der Kulisse der Verbrauch des Wassers nach dem verlangten Kraftverbrauch. Deshalb gehört dieselbe zu den vollkommensten Wassersäulenkurbelmaschinen.

Um für kleine Arbeitszwecke die Kurbelwassersäulenmaschinen möglichst einfach zu gestalten, sind schwingende Cylinder als Grundlage der Konstruktion gewählt und zwar sehr oft in der durch Fig. 603 veranschaulichten Ausführung (Schmid). Der Treibcylinder C ist mit zwei Seitenzapfen, um die dadurch festgelegte Achse schwingend, gelagert. Der Treibkolben k greift direkt an dem Krummzapfen u der mit Schwungrad S versehenen Welle w mittels der Kolbenstange s s an, die in einer sehr langen Stopfbüchse b des vorderen Cylinderdeckels abgedichtet und geführt wird. Das Druckwasser strömt durch das Rohr A e zu, das durch den Schieber B von der Leitung abgesperrt werden kann, und durch das Rohr E ab.

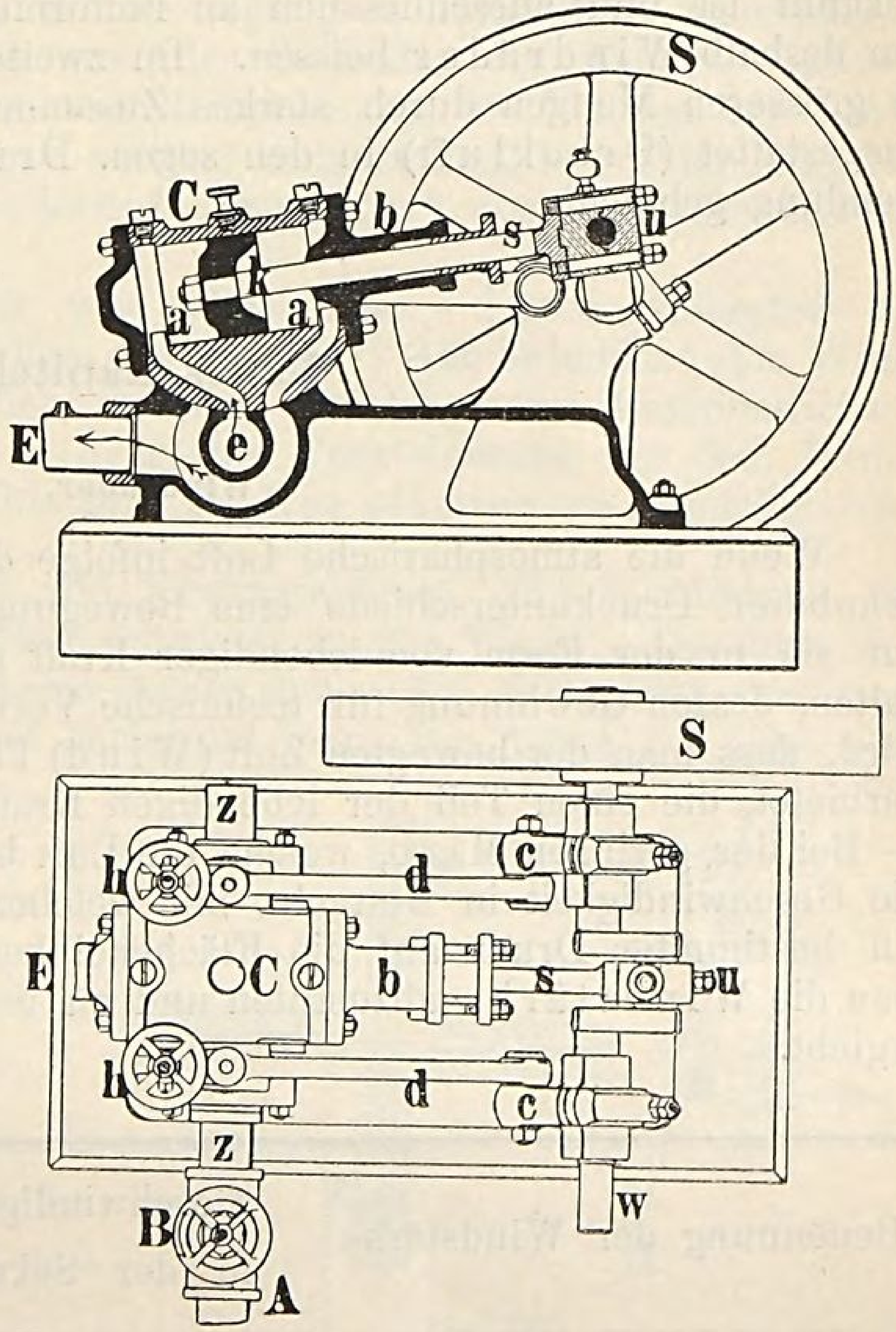


Fig. 603.

Zur Steuerung ist der Treibcylinder C mit einem Schieberspiegel versehen, der nach einer Cylinderfläche verläuft, die um die Schwingungsachse z z beschrieben und von einer gleichen Hohlfläche im Bette der Maschine umgeben wird. Im Schieberspiegel befinden sich die Ausläufe zweier Kanäle a a, die infolge der Cylinderschwingung abwechselnd mit dem Zulauf e und dem Ablauf E in Verbindung treten und damit ganz nach Art einer gewöhnlichen Schiebersteuerung das Spiel der Maschine hervorrufen. Zugleich dient diese Cylinderschieberfläche als Lagerung für den Treibcylinder C, dessen beide Zapfen z z nur zur Festlegung der Schwingungsachse bestimmt und daher in Hebeln d d gelagert sind, die, um Bolzen c c am Kurbellager drehbar, mittels Schrauben h h nach abwärts gezogen werden können, um dadurch stets einen dichten Anschluss der Schieberflächen an einander zu bewerkstelligen. — Diese Wasserdruckmaschinen werden in Grössen von 4 bis 30 *cm* Cylinderdurchmesser und 6 bis 40 *cm* Hub mit 60 *cm* Kolbengeschwindigkeit gebaut.

Vierter Abschnitt.

Windräder und Druckluftmotoren.

Die atmosphärische Luft kann in zweierlei Weise als motorische Substanz auftreten und benutzt werden; nämlich entweder, indem sie als Masse zur Wirkung kommt, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausgestattet ist, oder indem sie durch Ausdehnung Arbeit leistet. Im ersten Fall kommt nur diejenige Luftbewegung in Betracht, welche unter dem Namen Wind bekannt ist und ausschliesslich an radförmige Körper die Arbeit abgiebt, die deshalb Windräder heissen. Im zweiten Fall wird gewöhnliche Luft in grösseren Mengen durch starkes Zusammenpressen mit Arbeitsfähigkeit ausgestattet (Druckluft) in den sogen. Druckluftmaschinen zur Anwendung gebracht.

Erstes Kapitel.

Windräder.

Wenn die atmosphärische Luft infolge der durch Barometerstände erkennbaren Druckunterschiede eine Bewegung (Strömung) annimmt, so hat sie in der Form von lebendiger Kraft ein freies Arbeitsvermögen erhalten, dessen Gewinnung für technische Verrichtungen dadurch ermöglicht wird, dass man der bewegten Luft (Wind) Flächen (Arbeitsaufnehmer) darbietet, die einen Teil der lebendigen Kraft aufnehmen und fortpflanzen. — Bei der geringen Masse, welche die Luft besitzt, kommt daher besonders die Geschwindigkeit in Betracht, mit welcher sie sich bewegt und welcher ein bestimmter Druck auf die Flächeneinheit entspricht. Hiernach pflegt man die Windstärke abzustufen und zu bezeichnen, wie folgende Tabelle ergiebt.

Benennung der Windstärke	Geschwindigkeit in der Sekunde	Druck auf 1 *qm*
Mässig	2,5 *m*	0,74 *kg*
Frisch	5,0 „	2,96 „
Lebhaft	7,0 „	5,80 „
Heftig	12,5 „	18,50 „
Sturm	25,0 „	74,00 „
Orkan	40,0 „	190,00 „

Diese Tabelle lässt erkennen, dass die Windpressungen verhältnismässig klein sind und dass daher dem Winddrucke grosse Flächen dargeboten werden müssen, um erhebliche mechanische Arbeit aus diesem Kraftträger zu gewinnen. Bezeichnet man mit c die Windgeschwindigkeit,

mit F die dargebotene Fläche, mit N die Leistung in Pferdestärken, so ist die grösstmöglichste Leistung:

$$N = \frac{F c^3}{2500} \text{ also } F = \frac{2500 N}{c^3}$$

Um demnach bei einer Windgeschwindigkeit von c = 7 *m* eine Leistungsfähigkeit von N = 3,5 *PS* zu gewinnen, ist eine Fläche F = 70 *qm* erforderlich, welche dem Windstrom rechtwinklig dargeboten werden muss.

Neben der Windstärke kommt bei der Anordnung der Kraftaufnehmer noch die Windrichtung in Betracht. Für den in Rede stehenden Zweck genügt die Annahme, dass die Windbewegung in horizontaler oder nahezu horizontaler Richtung und zwar aus allen Gegenden der Windrose erfolgt. Zum Auffangen des Windes ist deshalb notwendig, die Flächen der Kraftaufnehmer vertikal oder nahezu vertikal aufzustellen in Verbindung mit einer Vorrichtung, welche die Einstellung nach der Windrose bewerkstelligt.

Damit die Kraftaufnehmer eine gleichmässige Leistungsfähigkeit erhalten, muss endlich noch infolge der grossen Veränderlichkeit der Windstärke eine Anordnung getroffen werden, welche dieser Veränderlichkeit entsprechend, eine Vergrösserung oder eine Verkleinerung der dem Winde dargebotenen Flächen herbeiführt und als Regulirung zu bezeichnen ist.

Ohne Ausnahme erhalten die Kraftaufnehmer eine Verbindung mit einer drehbaren Achse und zwar entweder in der Weise, dass man ihre Flächen radial zu einer vertikalen Achse stellt (Fig. 604) oder von einer in der Windrichtung, also fast horizontal liegenden Achse x x (Fig. 605)

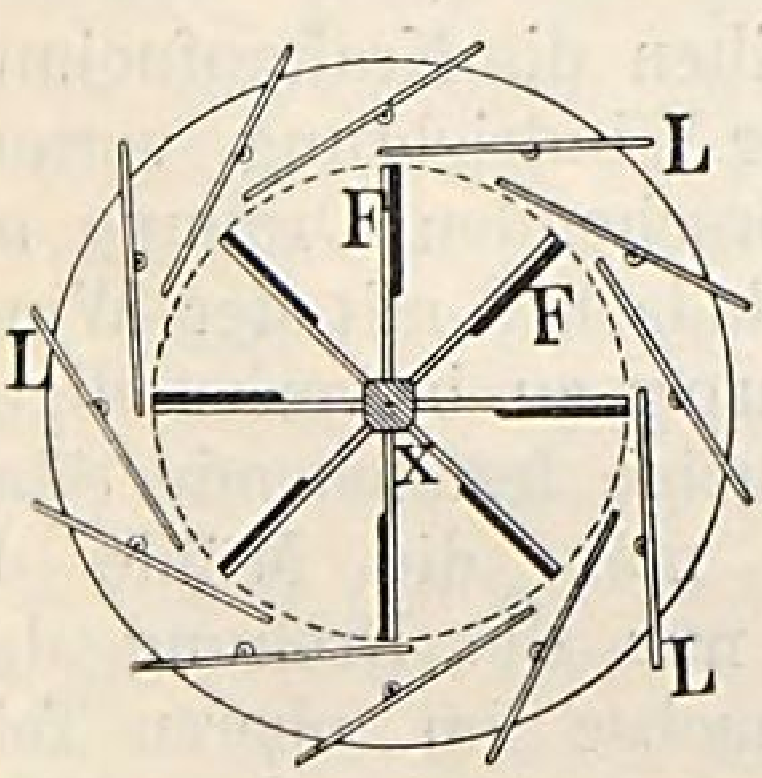


Fig. 604.

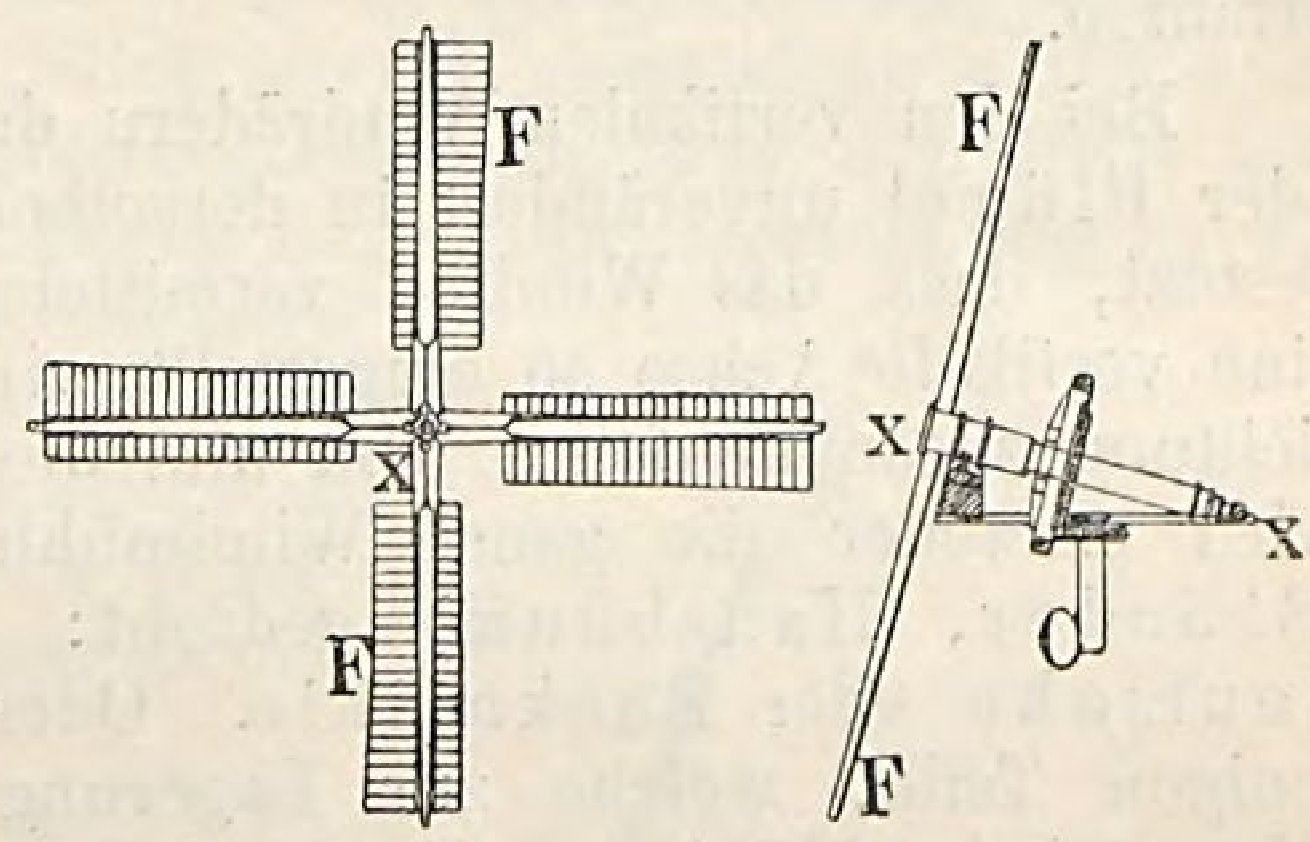


Fig. 605.

rechtwinklig abzweigt und in eine rechtwinklig zur Achse stehende Ebene bringt. In beiden Fällen entstehen radartige Systeme von Kraftaufnehmern, welche man deshalb Windräder nennt und zwar mit Rücksicht auf die Lage der Bahn, in welcher sie umlaufen, horizontale und vertikale Windräder und mit Rücksicht auf die Gestalt und Anbringung der Kraftaufnehmer Schaufelräder (Windturbinen) und Flügelräder.

Zur ungehinderten Einwirkung des Windes auf das Rad ist vor Allem notwendig, das letztere möglichst frei, d. h. in solcher Entfernung von Hindernissen (Häusern, Hügeln, Bäumen etc.) aufzustellen, dass diese eine schädliche Beeinflussung auf die Windrichtung und Stärke nicht mehr äussern können. Diese freie Lage wird gewonnen, indem man für die Anlage einen Platz wählt, der mindestens 100 *m* von jedem Hindernisse ent-

fernt ist, oder indem man das Rad entsprechend hoch aufstellt. — Die letzte Aufstellung verdient im Allgemeinen deshalb den Vorzug, weil erfahrungsgemäss in höheren Lagen die Windstärke stets grösser und regelmässiger ist. Man erreicht sie entweder durch einfache hohe Gerüste aus Holz- oder Eisenstäben zusammengesetzt, oder durch Benutzung von Gebäuden, die gewöhnlich turmartig aufgeführt werden.

In der Regel sind diejenigen Teile (Maschinenpumpen u. dergl.), zu deren Antrieb die Windräder dienen, in unmittelbarer Nähe derselben, entweder in den genannten Gebäuden oder innerhalb des Gerüstes angebracht, zu welchem Zwecke dann das letztere noch hausartig ausgebaut wird. Die dadurch entstehende vollständige Anlage führt den allgemeinen Namen Windmühle.

Die horizontalen Windräder sind an allen Seiten der Windströmung gleichmässig ausgesetzt und müssen daher, um überhaupt in Umdrehung geraten zu können, mit Einrichtungen ausgestattet werden, welche den Wind derart abhalten oder leiten, dass derselbe das Rad nur einseitig trifft. Eine solche Einrichtung besteht entweder in einem halben Cylindermantel, der um das Rad herumgedreht und passend eingestellt werden kann, oder aus festen Leitschaufeln, nach Art der Radialturbinen, oder in Scharnieren, an welchen die Radschaufeln so aufgehängt werden, dass sie sich während eines Teiles des Umlaufes mit der ganzen Breitseite dem Winde entgegenstellen, während des anderen Teiles aber dem Winde nur die schmalen Kanten darbieten. In ähnlicher Weise wirken auch krumme, schalenartige Schaufeln, welche dem Winde nach einander die konkave und die konvexe Seite und mit letzterer einen kleineren Druck erfahren.

Bei den vertikalen Windrädern dahingegen bleiben die Kraftaufnehmer oder Flügel unverändert in derselben Lage zu der Windrichtung, vorausgesetzt, dass das Windrad vermittelst einer entsprechenden Drehung um eine vertikale Achse so eingestellt wird, dass die Radachse mit der Windrichtung zusammenfällt. Um nun diese Einstellung zu bewerkstelligen, wird entweder die ganze Windmühle um eine einzige feststehende Säule (Ständer, Hausbaum) gedreht: dann nennt man die Mühle die deutsche oder Bockmühle. Oder es erfolgt nur die Drehung derjenigen Teile, welche zur Lagerung der Mühlenachse im oberen Teile (Haube) der Mühle angebracht sind auf dem übrigens feststehenden, turmartigen Gebäude: solche Mühlen werden holländische oder Turmmühlen genannt und zwar auch dann, wenn noch ein grösserer nach unten gerichteter Teil des Mühlengebäudes an der Drehung der Haube teilnimmt.

Der Umstand, dass unter gleichen Verhältnissen die Flügelräder sich einfacher und wirksamer gestalten, ist der Grund für die weitaus grössere Verbreitung derselben, den Schaufelrädern gegenüber, deren Schaufeln nur in einer Stellung dem Windstrom am günstigsten dargeboten werden, während letzterer die Flügel überall in gleicher Weise trifft.

Die Windflügel (Fig. 606) bilden länglich viereckige oder trapezförmige Gerippe, aus Holzstäben zusammengesetzt, aus Windruthen r, Windsprossen oder Scheiden s und Saumlatten l, bedeckt zur Aufnahme

der Windwirkung mit Segeltuch (Segeln) oder dünnen Brettern (Windthüren, Windbrettern).

In der Regel erhält jedes Rad vier Flügel, die mittels der Windruthen an dem Kopf k der Welle w dadurch befestigt werden, dass man die Ruthen durch viereckige Löcher des Wellenkopfes hindurch steckt und durch Holzkeile einklemmt. Die Ruthen erhalten eine Länge von 10 bis 12 *m*, am Kopfe eine Dicke von etwa 0,3 *m* und eine Breite von etwa 24 *cm*, und verjüngen sich zu einer Dicke von 15 und einer Breite von 12 *cm*. — Die etwa 2 *m* langen Sprosson s werden in Abständen von 40 bis 50 *cm* durch viereckige Löcher der Ruthen gesteckt und durch die aufgenagelten Saumlatten verbunden, wobei letztere zur Aufnahme der Windthüren mit einem Falz versehen sind, während zur Anbringung einer Segeltuch-Bedeckung Schnüre und Schlingen dienen.

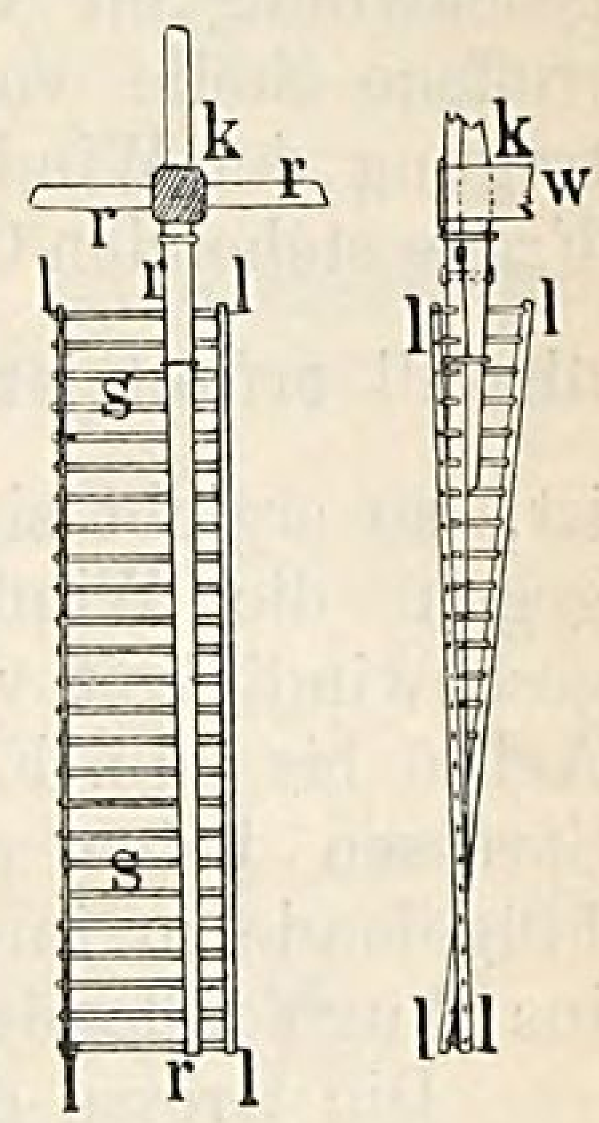


Fig. 606.

Die Flügelwelle w wird vielfach aus Holz, viel zweckmässiger aus Eisen angefertigt und nach hinten um 5 bis 15^0 geneigt, um für das schwere Rad eine gesicherte Lage und eine günstige Stellung zu der Windrichtung zu gewinnen. Ihre Lagerung erfolgt durch einen Halszapfen (Schlot) und einen Endzapfen. — In fast allen Anlagen wird von der Welle w das Arbeitsvermögen mittels eines Kegelzahnrades oder eines Stockgetriebes auf eine vertikale Welle übertragen und von dieser aus verteilt und weitergeleitet.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Stellung der Bedeckung bezw. der Sprossen gegen die Windrichtung. Wird letztere parallel zu der Flügelwelle angenommen, so kann der Windstoss keine Drehung der Welle hervorbringen, wenn die Flügel in einer Ebene liegen, die rechtwinklig zu der Drehachse steht; es wird vielmehr in dieser Lage der ganze Winddruck von den Wellenlagern aufgenommen. Sind dahingegen die Flügel F (Fig. 607) um den Winkel α gegen die Windrichtung R geneigt, so zerlegt sich dieser Druck in die Seitendrücke

$$N = R \sin \alpha \text{ und } S = R \cos \alpha.$$

Wird nun der Normaldruck N wieder zerlegt in die Seitenkräfte

$$P = N \cos \alpha \text{ und in } T = N \sin \alpha,$$

so bedeutet T denjenigen Druck, der von der Welle aufgenommen wird, während P diejenige Pressung angiebt, welche an dieser Stelle den Flügel mit der Welle in Umdrehung versetzt.

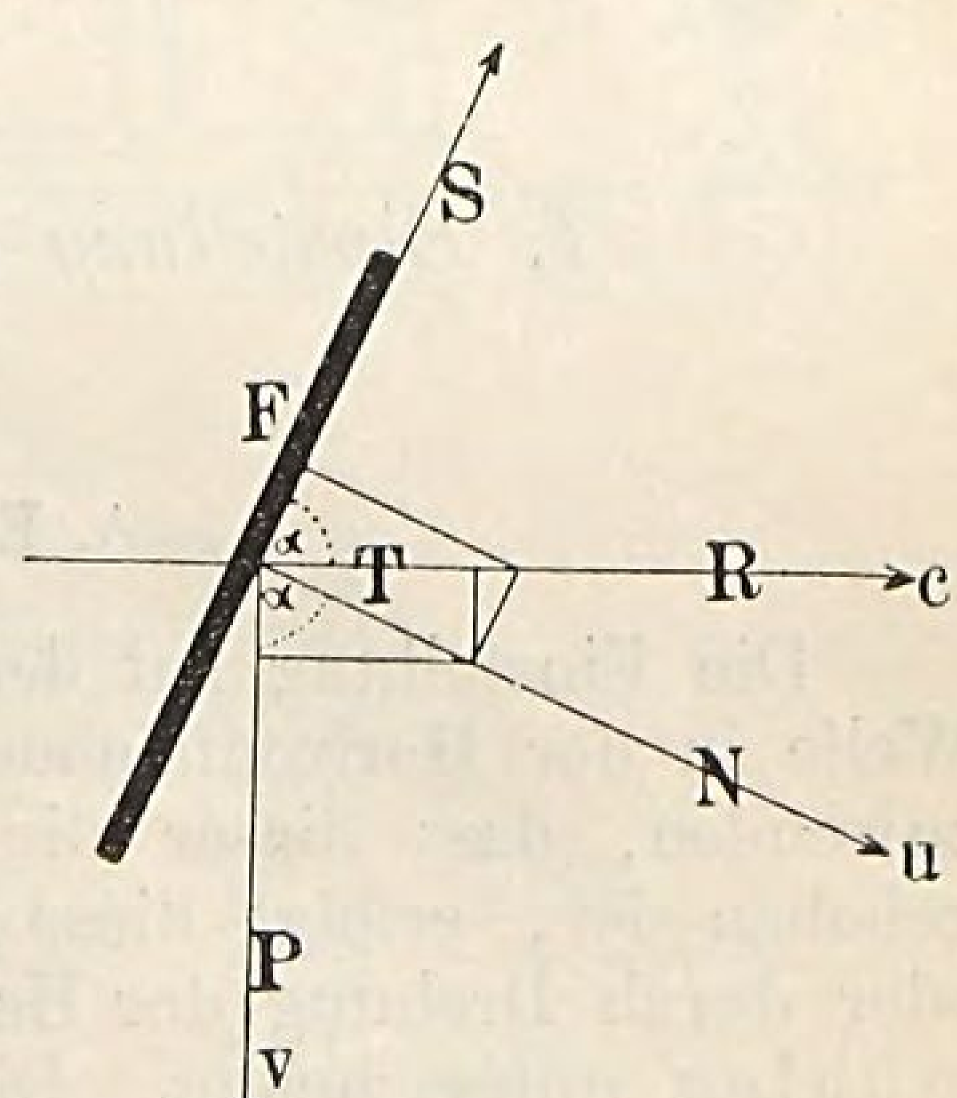


Fig. 607.

Bezeichnet man ferner mit c die Geschwindigkeit des Windes in der Richtung R und zerlegt diese in gleicher Weise wie die letztere, so wird die Geschwindigkeit v diejenige sein, welche auf die Richtung P kommt, und mit welcher an dieser Stelle der Flügel sich rechtwinklig zu R bewegt. Nun ist aber $v = u \cos \alpha$ und $u = c \sin \alpha$, also $v = c \sin \alpha \cdot \cos \alpha$. Wird nun ferner angenommen, dass sich die getroffene Stelle in einer Ent-

fernung x von der Drehachse befindet und dass der Flügel n Umdrehungen in der Zeiteinheit ausführt, so ist zugleich an dieser Stelle $v = n x \pi$; in einer anderen Entfernung von der Drehachse ist demnach auch die Flügelgeschwindigkeit eine andere und zwar um so grösser, je weiter die getroffene Stelle von der Drehachse entfernt liegt. Eine „günstige" Übertragung der Windkraft ist aber nur möglich, wenn zwischen den beiden in Frage stehenden Geschwindigkeiten c und v die Bedingung $v = c \sin \alpha \cos \alpha$ überall erfüllt ist. Da nun aber $2 \sin \alpha \cos \alpha = \sin 2 \alpha$, also $c = \frac{v}{\sin 2 \alpha}$ ist, so ergiebt sich hieraus, dass der Winkel α, um welchen der Flügel gegen die Windrichtung geneigt gestellt ist, sich mit der Flügelgeschwindigkeit v ändern muss und zwar in der Weise, dass er von der Achse bis zum Flügelende grösser wird. Aus diesem Grunde erhalten die Sprossen keine gleiche Lage in einer Ebene, sondern treten nach dem Flügelende zu immer weiter aus der Ebene heraus, so dass sie die überall ins Auge fallende sog. windschiefe Fläche bilden.

Die Grösse des Winkels α hängt demnach in erster Linie ab von der Geschwindigkeit c des Windes und musste daher streng genommen, dieser wechselnden Geschwindigkeit gemäss sich stetig ändern. In der Regel jedoch begnügt man sich damit, den Winkel der mittleren Geschwindigkeit, z. B. $c = 7\,m$, anzupassen und z. B. für einen Flügel von 8,4 *m* Länge und von 2 *m* Anfangs- und 3 *m* Endbreite mit 18 Umdrehungen in der Minute an 7 Entfernungen von der Achse folgendermassen wählen:

Achsenabstand in *m*	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4
Umfangsgeschwindigkeit v in *m*	2,26	4,52	6,78	9,05	11,31	13,57	15,83
Flügelbreite in *m*	2,0	2,167	2,333	2,50	2,667	2,833	3,00
Stosswinkel α	63°	69°	73°	77°	79°	81°	82°

I. Einstellung und Regulirung der Windräder.

A. Einstellung der Windräder.

Die Einstellung hat den Zweck, die Windräder durch Drehung ihrer Welle in der Horizontalebene um eine vertikale Achse so dem Winde zuzuwenden, dass dieser die Flügel voll trifft. Wie bereits S. 718 hervorgehoben ist, erfolgt diese Einstellung durch Drehung der ganzen Mühle oder durch Drehung der Haube, wonach man Bockmühlen und Turmmühlen unterscheidet. Die Vorrichtungen zum Drehen zerfallen in zwei Gruppen, je nachdem sie von Menschenhand oder vom Winde selbst in Thätigkeit gesetzt werden. Im ersteren Fall befindet sich in der Regel ausserhalb der Mühle an dem drehbaren Teile ein bis auf den Fussboden oder die Gallerie reichender mit Seitenstreben gehörig versteifter Balken (Stert), der bei kleinen Mühlen unmittelbar, bei grösseren vermittelst eines einfachen Haspels im Kreise herumgeschoben und in der richtigen Stellung befestigt wird. Zur Einstellung durch den Winddruck dahingegen

dienen grosse Windfahnen, welche dem Flügelrade gegenüber in der Verlängerung der Radwelle angebracht werden. — In allen Fällen ist es für die Hervorbringung der Drehung vorteilhafter, letztere auf die Haube zu beschränken.

In Fig. 608 ist eine Turmmühle vor Augen geführt, an welcher die gewöhnliche Einrichtung zum Drehen der Haube zu erkennen ist. Der achteckig aus Holz aufgebaute Turm A A ist oben abgeschlossen mit der sog. Sohle d d, mit dem Flur e, auf dem sich Rollen r r zur Stützung der der Haube B B befinden. Die letztere ist zusammengesetzt aus den Fugbalken h h, den auf diesen liegenden Wellbalken i und k zur Aufnahme der Lager für die Radwelle w w, dem grossen Schwertbalken l für das Zapfenlager der Welle C, dem kleinen Schwertbalken m, sowie dem Dache D, und ruht mittels des Oberringes f auf den Rollen rr, welche durch den Kypring g g eingeschlossen sind, damit der Oberring nicht seitwärts abgleiten kann, zu welchem Zwecke die Rollen übrigens auch die Gestalt abgestumpfter Kegel, mit der Spitze nach innen gerichtet, erhalten. — Bei q ist der Stert zu erkennen, der durch die Hölzer s und t mit den Schwertbalken l und m verbunden ist, und unten einen einfachen Haspel H aufnimmt, durch dessen Drehung ein Seil auf- und abgewickelt wird, dessen Enden passende Befestigung erhalten.

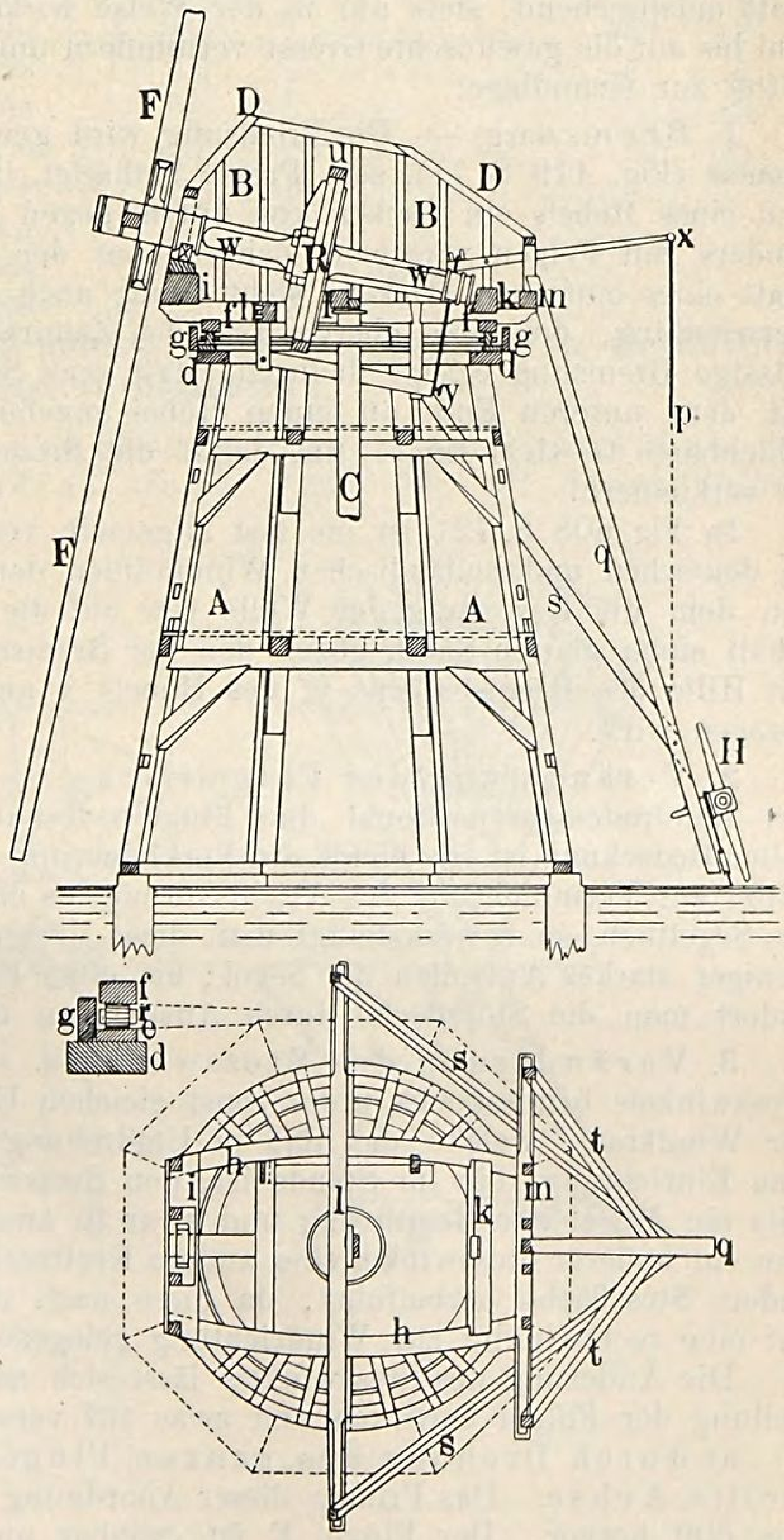


Fig. 608.

B. Regulirung der Windräder.

Wenn ein Flügelrad für einen Betrieb bestimmt ist, der vorgeschriebene Geschwindigkeiten zur Bedingung macht, so ist es notwendig, dasselbe mit Einrichtungen zu versehen oder in Verbindung zu bringen, welche gestatten, die Umdrehgeschwindigkeit des Flügelrades diesen Geschwindigkeiten anzupassen und trotz der oft sehr grossen Unregelmässigkeiten der Windströmung gleichmässig zu erhalten. Diese Einrichtungen, welche also die Regulirung der Windräder bezwecken, können, der Natur der Windkraft entsprechend, stets nur in der Weise wirken, dass sie die Umdrehzahl bis auf die gewünschte Grösse vermindern und haben demnach folgende Mittel zur Grundlage:

1. Bremsung. — Die Bremsung wird gewöhnlich mit einer Backenbremse (Fig. 119 S. 71), sog. Presse bethätigt, indem mittels einer Schnur und eines Hebels ein Backen von unten gegen das zu diesem Behufe besonders mit Felgen versehene Zahnrad auf der Flügelwelle gepresst wird. Statt eines einfachen Backens steht häufig auch ein Pressring (S. 72) in Verwendung, der den oberen Teil des Zahnrades umfasst. Die gleichmässige Bremsung erfolgt dadurch, dass eine Schnur an dem Bremshebel mit dem unteren Ende an einen Hebel angebunden wird, der ein verschiebbares Gewicht trägt, um damit die Bremskraft zu vergrössern oder zu verkleinern.

In Fig. 608 S. 721 ist die fast allgemein verbreitete Bremseinrichtung an deutschen und holländischen Windmühlen dargestellt. Das Kegelrad R, von dem die Bewegung der Welle ww auf die Welle C übertragen wird, erhält einen glatten Rand, gegen den der Bremsring u, aus weichem Holze, mit Hilfe des Bremsbalkens y, des Hebels x und der Bremsschnur p angezogen wird.

2. Veränderung der Flügelfläche. — Da das Arbeitsvermögen des Windrades proportional der Flügelbedeckung also am grössten bei voller Bedeckung ist, so bietet die Verkleinerung der letzteren ein einfaches Mittel zur Verminderung des Arbeitsvermögens dar. Besteht die Bedeckung aus Segeltuch, so bewerkstelligt man diese Verkleinerung durch mehr oder weniger starkes Aufrollen der Segel; bei einer Bedeckung aus Thüren verändert man die Stossfläche durch Ausnehmen und Einsetzen der Thüren.

3. Veränderung des Stosswinkels. — Je nach der Grösse des Stosswinkels bemisst sich unter sonst gleichen Umständen derjenige Teil P der Windkraft, welche das Rad in Umdrehung versetzt. Demnach bietet eine Einrichtung, die im Stande ist, den Stosswinkel zu verändern, ebenfalls ein Mittel zur Regulirung und zwar in zweierlei Weise, indem nicht nur ein anderer Stosswinkel eine andere Kraftzerlegung, sondern auch eine andere Stossfläche herbeiführt, da diese nach der Projektion des Flügels auf eine rechtwinklig zur Windrichtung gelegenen Ebene zu bemessen ist.

Die Änderung des Stosswinkels lässt sich naturgemäss nur durch Verstellung der Flügel bewirken und zwar auf verschiedene Weise.

a) durch Drehung des ganzen Flügels um eine radial gestellte Achse. Das Prinzip dieser Anordnung (Kirchweger) geht aus Fig. 609 hervor. Der Flügel F ist drehbar um die als Ruthe dienende in dem Wellenkopf K befestigte Stange r angebracht. Durch die hohle Flügelwelle w geht ungehindert eine Stange aa, deren hinteres Ende

durch eine Kette k mit einem Gewichte Q verbunden ist, das die Stange a a nach rechts zieht. Am linken Ende c nimmt die letztere einen Stern auf, der soviel Spitzen hat, als Flügel F vorhanden sind. Von jeder Sternspitze geht eine Zugstange i nach einem Bolzen n des zugehörenden Flügels F, so dass durch das Einwärtsschieben der Stange a a die Flügel sich **flach**, also rechtwinklig zur Drehachse stellen, während die Bewegung der Stange a a nach links die Flügel immer mehr aus dieser Stellung herausbringt und sie dem Winde entzieht. Mittels eines bei y sichtbaren Hebels mit abwärts gehender Zugstange z ist die Stellung von a a und somit der Flügel zu begrenzen;

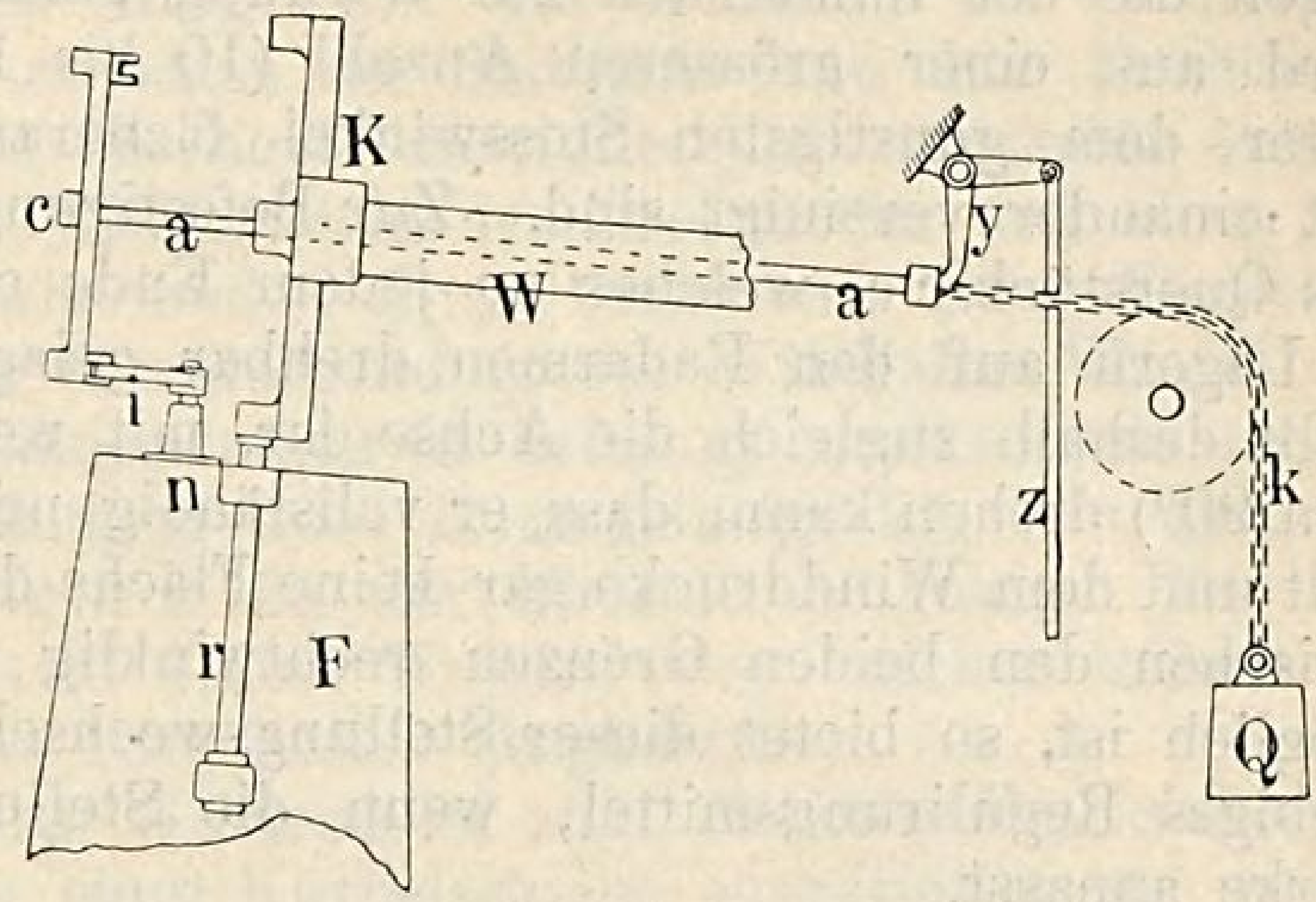


Fig. 609.

b) **durch Drehung des ganzen Flügels um eine Achse, die rechtwinklig zum Radius steht.** Unter den auf diesem Prinzip

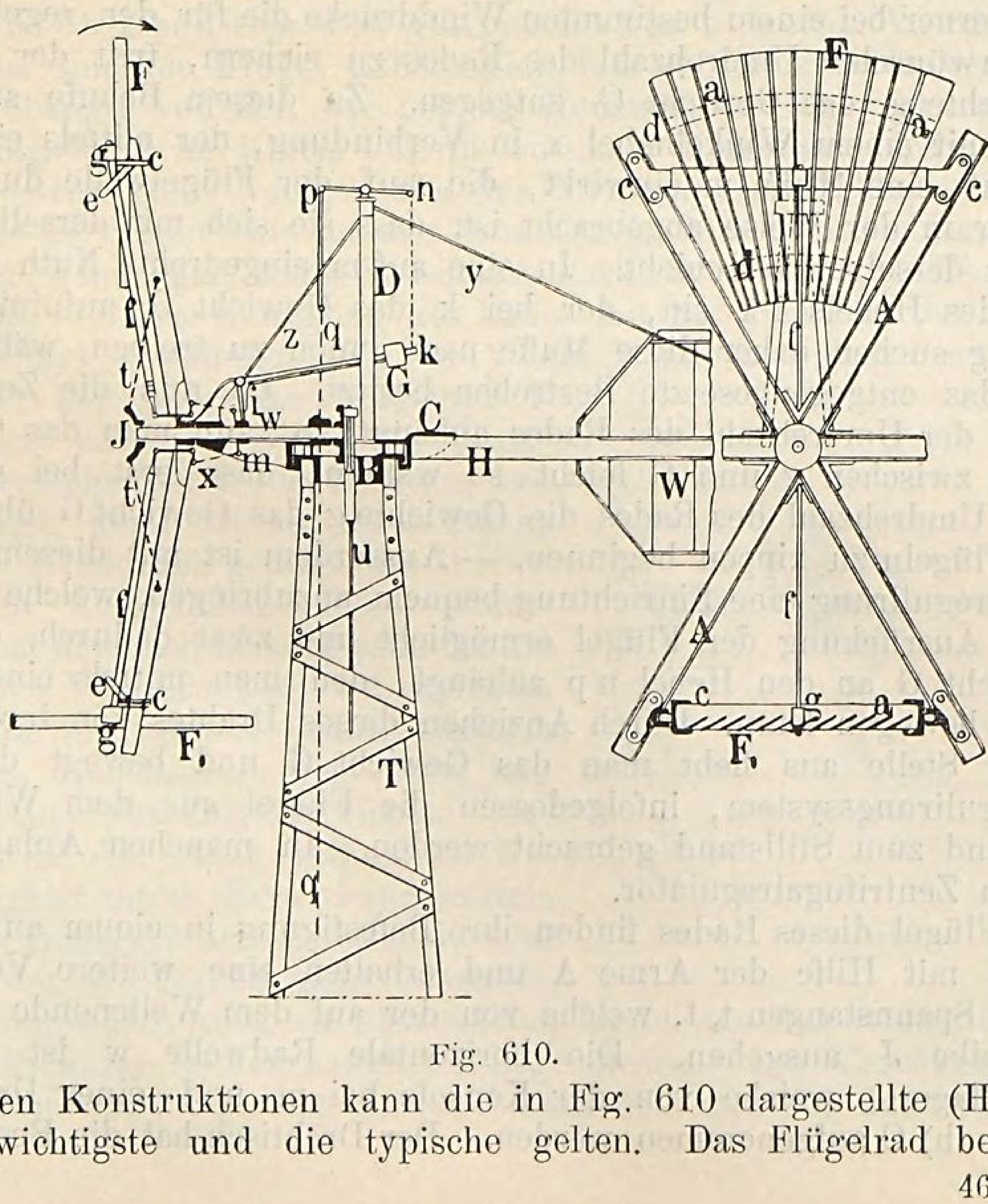


Fig. 610.

beruhenden Konstruktionen kann die in Fig. 610 dargestellte (Halladay) als die wichtigste und die typische gelten. Das Flügelrad besteht aus

6 bis 8 und mehr gleichen Flügeln F, welche sich derart an einanderreihen, dass eine aus mehreren Sektoren zusammengesetzte Ringfläche entsteht, gegen die der Winddruck zur Wirkung gelangt. Jeder Flügel oder Sektor wird aus einer grösseren Anzahl (10 bis 12) Brettern a a gebildet, die unter dem günstigsten Stosswinkel fächerartig durch Querstücke c c, d d mit einander vereinigt sind. Zur Befestigung mit den Radarmen A A dient das Querstück c c, welches an jedem Ende einen Zapfen besitzt und damit in Lagern auf den Radarmen drehbar gelagert ist. Dieses Querstück c c stellt deshalb zugleich die Achse dar, mit welcher sich jeder Flügel so weit (um 90°) drehen kann, dass er vollständig mit der Windrichtung zusammenfällt und dem Winddrucke gar keine Fläche darbietet. Da nun jede Stellung zwischen den beiden Grenzen rechtwinklig und parallel zur Radachse w möglich ist, so bietet dieser Stellungswechsel ein ebenso einfaches als ausgiebiges Regulirungsmittel, wenn die Stellung der Flügel sich der Windstärke anpasst.

Zum Zwecke dieser Anpassung wird in der vorliegenden Ausführung die Zentrifugalwirkung besonderer Massenstücke verwendet. Mit jedem Flügel dreht sich ein bei g sichtbares Gewicht, das an einer Stange f befestigt ist, welche mittels eines Scharnierhebels e an der Achse c c angreift. Sobald sich nun die Umdrehzahl des Rades steigert, wächst die Zentrifugalwirkung des Gewichtes g, infolgedessen dann das letztere die Drehung des Flügels in der Richtung des Pfeiles hervorruft.

Um ferner bei einem bestimmten Winddrucke die für den regelmässigen Betrieb erwünschte Umdrehzahl des Rades zu sichern, tritt der Wirkung der Gewichte g das Gewicht G entgegen. Zu diesem Behufe steht jede Stange f mit einem Winkelhebel x in Verbindung, der mittels einer Zugstange auf eine Muffe m einwirkt, die auf der Flügelwelle durch Nuth und Feder in der Weise angebracht ist, dass sie sich mit derselben dreht und längs derselben verschiebt. In eine auf m eingedrehte Nuth greift die Gabel i des Hebels i k ein, der bei k das Gewicht G aufnimmt. Die Gewichte g suchen daher diese Muffe nach innen zu treiben, während das Gewicht das entgegengesetzte Bestreben besitzt. Da nun die Zentrifugalkraft von der Umdrehzahl des Rades abhängt, so kann man das Gewichtsverhältnis zwischen g und G leicht so wählen, dass erst bei einer bestimmten Umdrehzahl des Rades die Gewichte g das Gewicht G überwinden und die Flügeln zu kippen beginnen. — Ausserdem ist mit diesem Systeme der Selbstregulirung eine Einrichtung bequem anzubringen, welche zu jeder Zeit eine Ausrückung der Flügel ermöglicht und zwar dadurch, dass man das Gewicht G an den Hebel n p anhängt, den man mittels eines Drahtzuges q q bewegen kann. Durch Anziehen dieses Drahtes von irgend einer passenden Stelle aus hebt man das Gewicht G und bewegt damit das ganze Regulirungssystem, infolgedessen die Flügel aus dem Winde ausgerückt und zum Stillstand gebracht werden. In manchen Anlagen dient hierzu ein Zentrifugalregulator.

Die Flügel dieses Rades finden ihre Befestigung in einem aufgekeilten Radsterne mit Hilfe der Arme A und erhalten eine weitere Versteifung durch die Spannstangen t, t, welche von der auf dem Wellenende sitzenden Spannscheibe J ausgehen. Die horizontale Radwelle w ist in zwei Lagern gelagert, welche von der Konsole bei m und einer Drehscheibe (Drehtisch) C aufgenommen werden. Der Drehtisch hat die Bestimmung,

die Windflügel durch Drehung um eine vertikale Achse in die Windrichtung zu bringen. Er ruht zu dem Zwecke auf der Grund- oder Bettplatte B, drehbar auf 5 bis 8 kegeligen Tragrollen und umfasst die Bettplatte mit einem unten angebrachten Ring, um das Abheben zu vermeiden. Ausserdem sind in dem Raum zwischen der Bettplatte und dem Drehtische mit den Tragrollen abwechselnd ebensoviel Leitrollen mit vertikalen Achsen angebracht, welche die innere Cylinderfläche des Drehtisches und einen auf der Bettplatte konzentrisch verlaufenden Ring berühren. Zum Einstellen in die Windrichtung dient eine entsprechend grosse Windfahne W, die den Flügeln gegenüber an dem Fahnenbalken H befestigt und mittels zweier Spannstangen y an den zweibeinigen Bock D aufgehängt ist, von dem zugleich zwei weitere Spannstangen z zu der Konsole m gehen. Das Gewicht des Fahnenbalkens H nebst Fahne W wird von solcher Grösse gewählt, dass es das Gewicht des Flügelrades ausgleicht.

Das vorstehend beschriebene Windrad ist zum direkten Betriebe einer Pumpe bestimmt und daher mit einer Kurbelscheibe ausgestattet, an welche das Pumpengestänge u angehängt ist. Für andere Betriebe erfolgt die Bewegungsübertragung durch Kegelräder auf eine vertikale Welle, die der Flügelwellenstellung wegen in die Drehachse des Drehtisches zu legen ist.

Zum Tragen des Rades dient das aus vier Ecksäulen und Querstreben zusammengesetzte Gerüst T, das oben mit der Bettplatte B abgeschlossen und zusammengehalten, in vielen Fällen aber auch aus Holz hergestellt wird;

c. durch Drehung des ganzen Rades aus der Windrichtung. — Hierbei sind die Flügel unbeweglich fest zu einem Rade vereinigt, das sich unabhängig von der, wie bei der Konstruktion Fig. 610 angebrachten Einstellungsfahne im Kreise um die vertikale Mittelachse drehen und sich dadurch mehr oder weniger aus der Richtung stellen lässt und zwar so weit, dass es zuletzt eine zu der Einstellungsfahne parallele Lage annimmt und dem Winde gar keine Stossfläche darbietet, die eine Flügeldrehung verursacht. — Diese Bewegung des Rades mit der Welle in der Horizontalebene erfolgt gewöhnlich (Fig. 611) vom Winde aus durch einen Nebenflügel N, der über das Flügelrad F hinausragt, an dieser Seite die Windfläche vermehrt und die Drehung bewerkstelligt, wenn der auf diese Fläche wirkende Winddruck genügt, die Widerstände zu überwinden. Diese Widerstände sind demnach maassgebend für die Grösse des Winddruckes, bei welchem die Regulirung beginnt, daher zugleich das Mittel, denselben zu begrenzen, und in der Form von Gegengewichten vorhanden, die bei einer bestimmten Geschwindigkeit durch Einwirkung mittels Hebel in Thätigkeit treten. Sobald und solange der Winddruck nicht ausreicht, den Gegengewichtsdruck zu überwinden, bleibt das Rad rechtwinklig gegen die Windrichtung in der punktirten Lage stehen. Das Verhältnis zwischen Normalwinddruck und Gegengewicht kann dem Betriebe dadurch angepasst

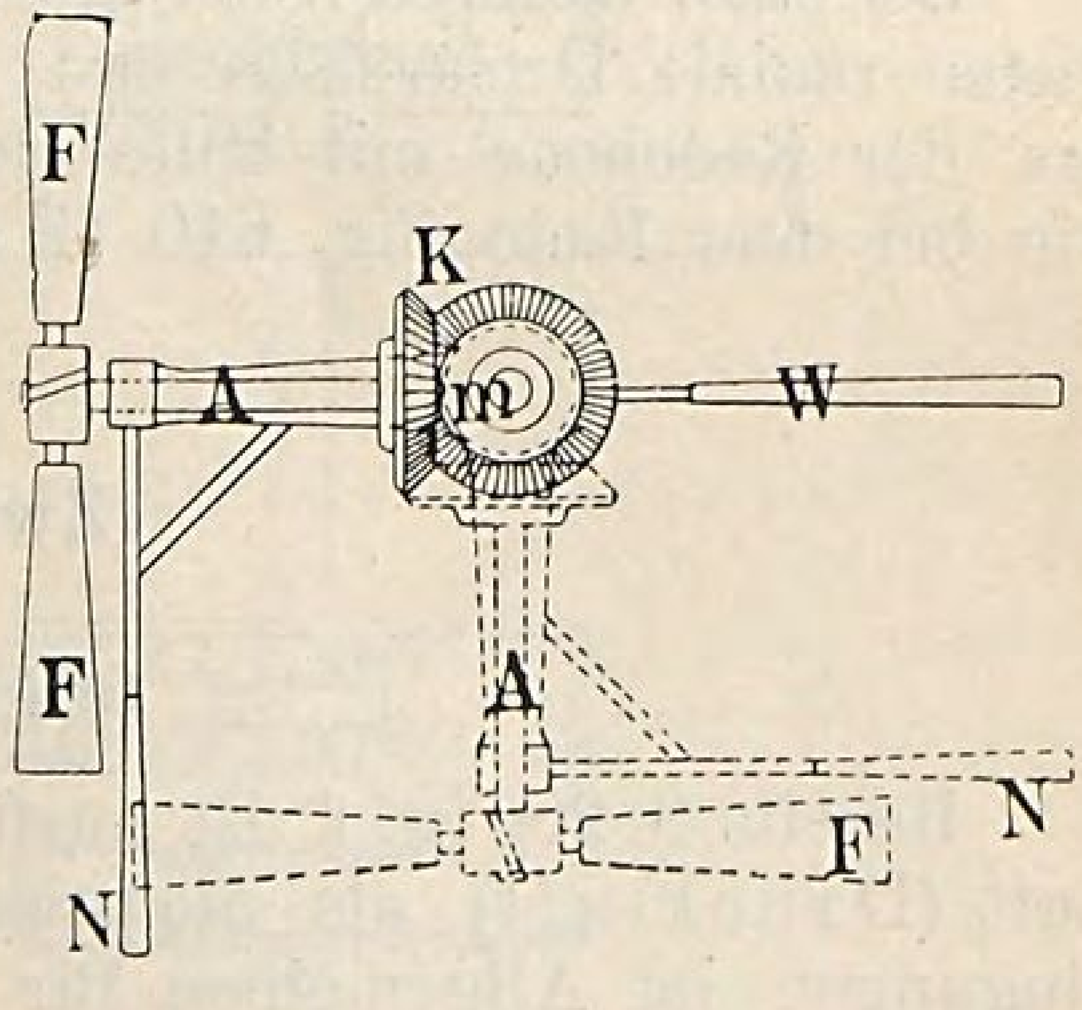


Fig. 611.

werden, dass man die Ausrückfahne mehr oder weniger hinausschiebt und das Gegengewicht auf dem Hebel in eine andere Entfernung vom Hebeldrehpunkt bringt;

d) durch Drehung einzelner Flügelteile aus der Windrichtung. — Bei dieser Anordnung bestehen die Flügel aus einer grösseren Anzahl von Klappen, die nach Art der Jalousien um Scharniere drehbar sind und gegen die Windrichtung gebracht werden können. Eine hierher gehörende Ausführung (Cubit) ist in Fig. 612 skizzirt. An der hohlen Ruthenwelle w sitzen die Ruthen rr und auf diesen um Bolzen drehbar die Klappen k k mit Gelenkstangen z z so in Verbindung gebracht, dass sie sich gleichmässig drehen müssen. Durch die hohle Welle geht eine mittels Zahnstange und Zahnrad y durch ein Gewicht Q belastete Stange a a, die auf soviel doppelarmige Hebel x einwirkt als Flügel vorhanden sind. Von den um die Bolzen der ersten Klappen drehbaren Hebeln x werden sodann die Stangen z bethätigt, so dass alle Klappen in Drehung gerathen, wenn die Stange a a eine Bewegung erhält. Der in der Richtung w zuströmende Wind sucht die Klappen zu öffnen, das (fälschlich links statt rechts gezeichnete) Gegengewicht Q umgekehrt dieselben zu schliessen. Man kann daher durch die Wahl der Grösse dieses Gewichtes diejenige Windstärke von vornherein bestimmen, über welche hinaus die Klappen infolge des Winddruckes sich schräg stellen und dem letzteren um so weniger Fläche darbieten, je stärker er ist. Diese Regelung ist deshalb in dieser Grenze selbstthätig.

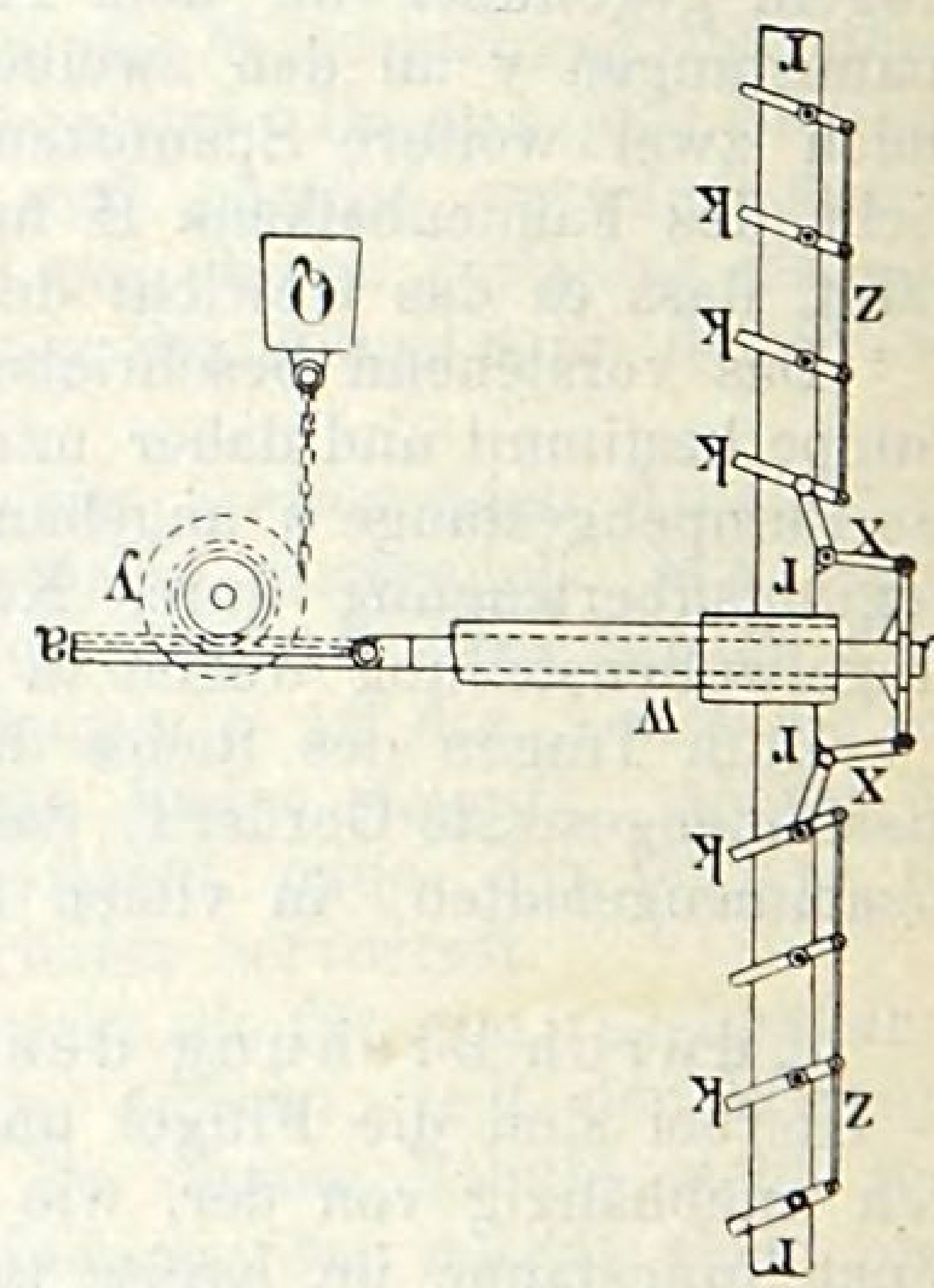


Fig. 612.

Bei einer anderen Konstruktion (Ultra-Standart) erhalten die Flügelleisten radiale Drehachsen und um diese eine entsprechende Schwenkung aus der Radebene mit Hilfe der Zentrifugalwirkung in ähnlicher Weise wie bei dem Rade Fig. 610 (Halladay).

Zweites Kapitel.

Druckluftmaschinen.

Bereits S. 206 u. f. ist ausführlich erörtert, in welcher Weise gepresste Luft (Druckluft) als motorische Kraft verwendet wird und welche Bedingungen im Allgemeinen für eine günstige Benutzung dieses künstlich hervorgebrachten Arbeitsvermögens maassgebend sind. Man unterscheidet hierbei direkte und indirekte Verwendung insofern, als im letzteren, gebräuchlichsten Fall eine Maschine zur Aufnahme und Abgabe als Zwischenglied eines bestimmten Arbeitsvermögens eingeschaltet werden muss, die in diesem Sinne zu den Kraftmaschinen gehört und kurzweg Luftmotor heisst.

Wie in den Dampfmaschinen der Dampf, so kommt in den Luftmotoren die Druckluft mit Volldruck oder mit Expansion zur Wirkung, und zwar zieht man die Expansionsmaschinen vor, wenn die Leistung der Maschine 2 *PS* übersteigt und der Betrieb seiner Natur nach ein ununterbrochener ist, während man bei kleineren Maschinen und unterbrochenem Betriebe von einer Expansion absieht.

Eine wesentliche Bedingung für den günstigen Betrieb der Luftmotoren ist die Vorwärmung der Druckluft (S. 208). Aus dem Grunde sind mit diesen Motoren fast immer Einrichtungen in Verbindung zu bringen, welche diese Vorwärmung hervorrufen. Diese Einrichtungen bestehen entweder in Apparaten (Öfen, Dampfschlangen etc.), welche die Luft vor dem Eintritte in die Motoren erwärmen, oder sie beruhen auf dem Prinzip, die Erwärmung im Innern der Arbeitscylinder vorzunehmen, indem man entsprechend gespannten Wasserdampf oder heisses Wasser zerstäubt oder heisse Verbrennungsgase in den Cylinder treten lässt, oder Leuchtgas mit der Luft zu einem Explosionsgemenge mischt und zur Verpuffung bringt.

Die Ähnlichkeit des Vorganges in dem Luftmotor mit demjenigen der

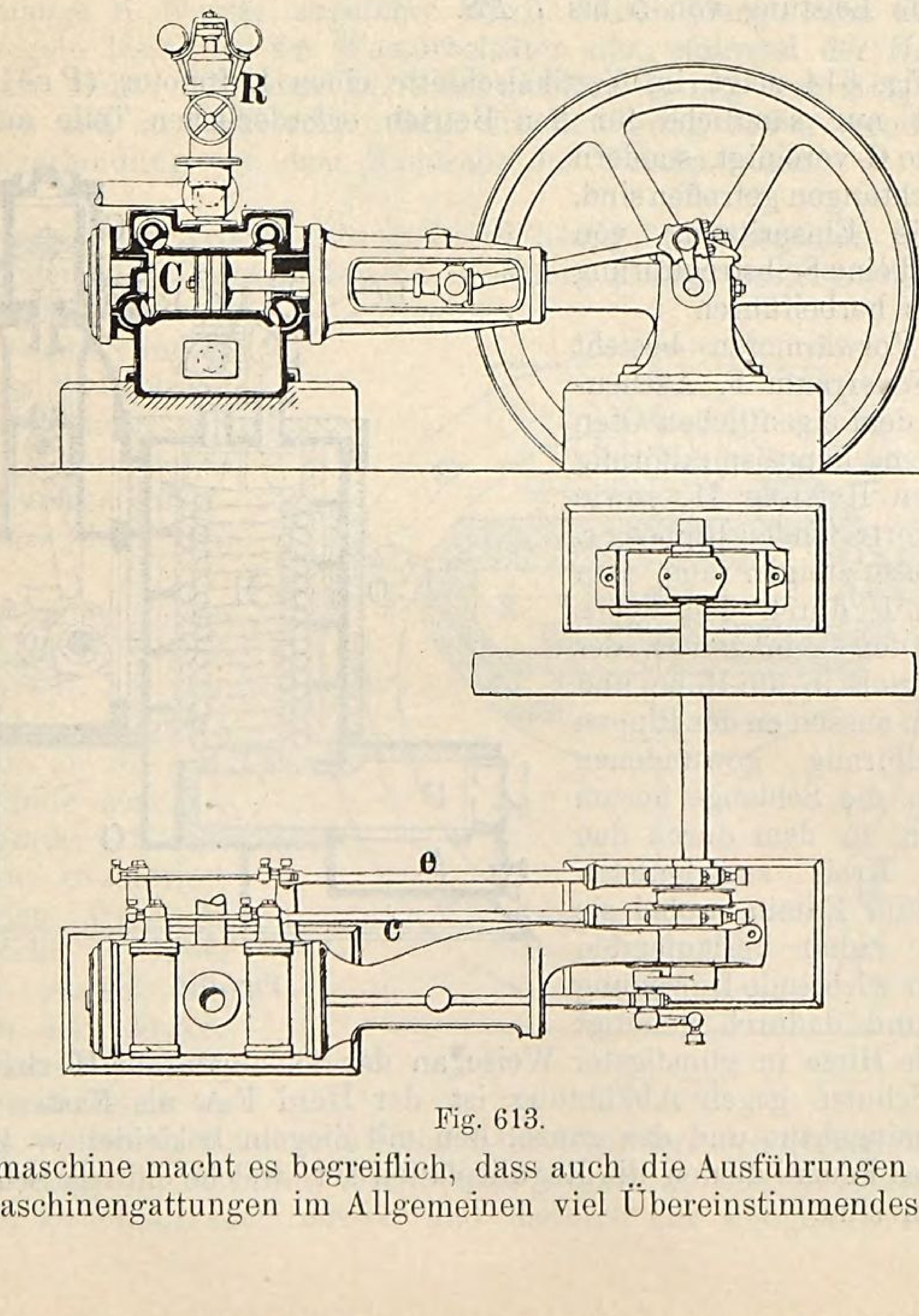


Fig. 613.

Dampfmaschine macht es begreiflich, dass auch die Ausführungen der beiden Kraftmaschinengattungen im Allgemeinen viel Übereinstimmendes darbieten,

wie z. B. die Thatsache beweist, dass gewöhnliche Dampfmaschinen ohne weiteres durch Anschluss an eine Druckluftleitung zu Luftmotoren umgewandelt werden können. Die Hauptausführungsform der Luftmotoren beruht daher auf der Anwendung hin- und hergehender Kolben in feststehenden, bisweilen in schwingenden Cylindern mit Kurbelübertragung. Daneben ist die Anordnung direkt rotirender Maschinen nicht ohne Erfolg geblieben und daher beachtenswert.

Ein vielfach verwendeter einfacher Luftmotor mit hin- und hergehendem Kolben (Riedinger) ist in Fig. 613 dargestellt. Derselbe bildet eine doppelwirkende Maschine mit einem Cylinder C, Bajonettgestell und der Einrichtung einer veränderlichen Expansion. Zu diesem Zwecke ist er mit Corlissteuerung (S. 540 u. f.) versehen, bei der die unteren Auslasshähne von der Exzenterstange e und die oberen Eintrittshähne von der Exzenterstange c ihre Bewegung erhalten, während der Kugelregulator R direkt auf ein besonderes Eintrittsventil wirkt. Diese Maschine entwickelt bei 150 *mm* Cylinderdurchmesser, 250 *mm* Hub und 150 Umdrehungen in der Minute eine Leistung von 5 bis 7 *PS*.

Die Fig. 614 zeigt im Vertikalschnitte einen Luftmotor (Pröll), bei dem nicht nur sämtliche für den Betrieb erforderlichen Teile auf einer Grundplatte G vereinigt, sondern auch Einrichtungen getroffen sind, welche die Einspritzung von Wasser und eine Selbstregulirung des Ganges herbeiführen.

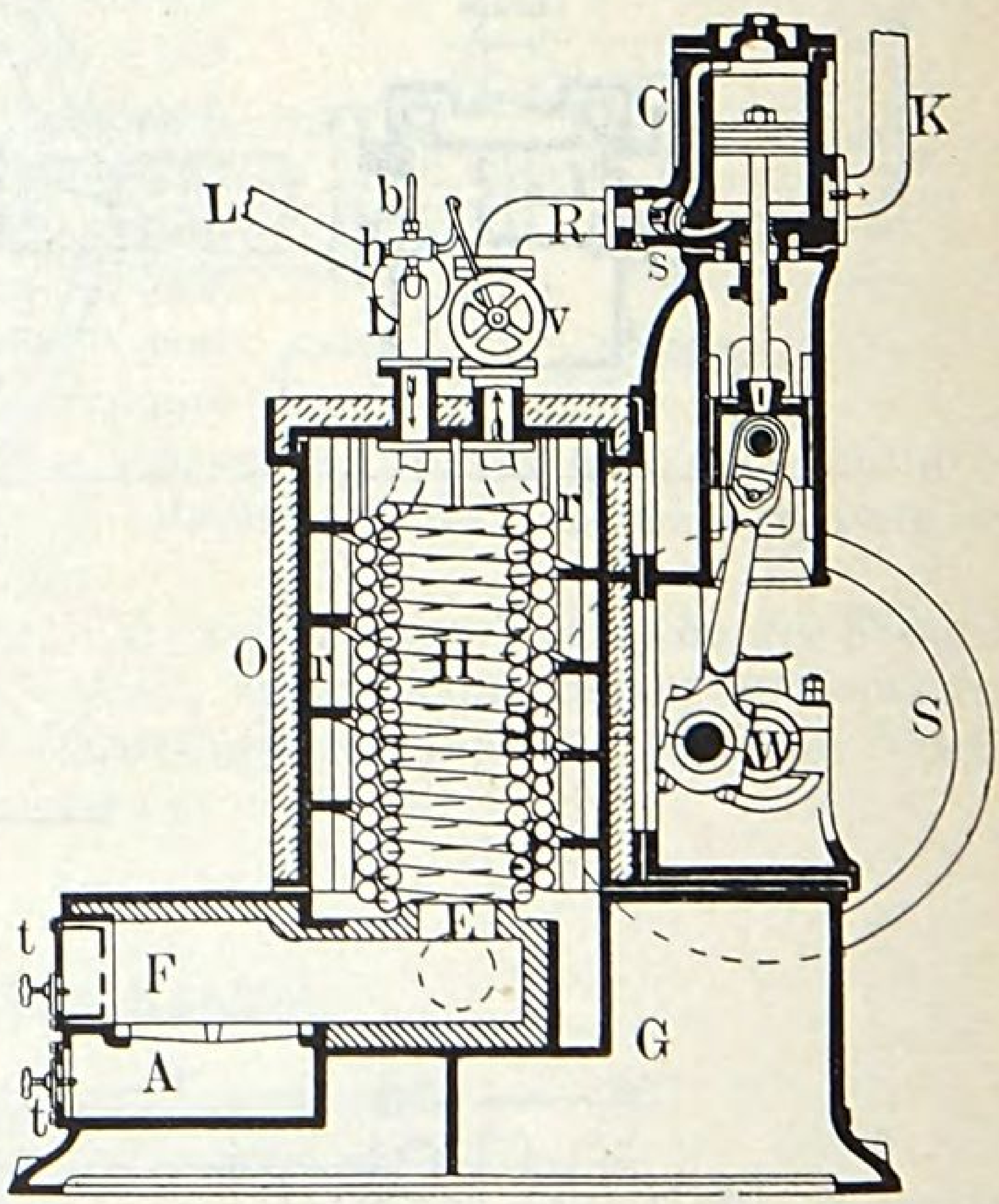


Fig. 614.

Der Vorwärmofen besteht aus dem Feuerraum F, Aschenfall A und dem eigentlichen Ofen O mit dem doppelspiralförmig gewundenen Heizrohr H, sowie inwendig vortretenden Rippen r r. Die Heizgase steigen aus dem Feuerraum F durch den Fuchs E in den Ofen O, im Innern der Heizschlange H in die Höhe und ziehen dann aussen an den Rippen auf spiralförmig gewundenen Wegen um die Schlange herum nach unten zu dem durch den punktirten Kreis angedeuteten Ausgang zum Kamin, wobei sie durch die radial verlaufenden Rippen r in wirbelnde Bewegung gerathen und dadurch genötigt werden, die Hitze in günstigster Weise an das Schlangenrohr H abzugeben. — Zum Schutze gegen Abkühlung ist der Herd F A als Kasten in das Gestell hineingebaut und der ganze Ofen mit Ziegeln bekleidet. — Zur Regulirung des Feuers dienen die Regulirplatten t, t, welche mittels Schrauben einzustellen sind.

Neben dem Vorwärmofen steht der doppeltwirkende Motor in der Ausführungsform einer Hammermaschine (S. 501) mit dem Cylinder C oben und der Welle W mit Schwungrad S unten gelagert und mit einer Hahnsteuerung s (S. 531). Dieselbe macht 200 bis 300 Touren in der Minute und entwickelt bei 200 Touren, 160 *mm* Cylinderdurchmesser, 240 *mm* Hublänge und 5 Atm. Pressung eine Leistung von etwa 10 *PS*.

Die der Leitung entnommene Druckluft gelangt durch das Rohr L in die Heizschlange H, von dieser erwärmt durch das Stellventil v und das Rohr R zum Cylinder C, aus dem die Abluft durch das Rohr K in den Kamin der Feuerung entweicht, um hier wie ein Blasrohr (S. 328) zu wirken. Da diese Wirkung um so stärker ist, je grösser der Luftverbrauch, so entsteht auf diese Weise eine selbstthätige Regulirung zwischen Luftverbrauch und Wärmeerzeugung.

Zur Vermischung der Druckluft mit Wasser befindet sich über der Maschine ein Wasserbehälter, der durch das Rohr b mit der Heizschlange und durch ein von demselben oben abgezweigtes Rohr der Druckausgleichung wegen mit der Luftleitung L in Verbindung steht, so dass der Heizschlange H Wasser zugeführt wird, dessen Menge sich durch einen Hahn regeln lässt, der am Wasserbehälter sitzt, während der Hahn h zum Abschluss dient. Um den letzteren gleichzeitig mit dem Absperrventil v zu öffnen und zu schliessen, erfolgt die Bewegung von h vermittelst einer Stangenverbindung von dem Handrade des Ventils v aus.

Für kleinere Arbeitsleistungan sind häufig Drehmaschinen in Gebrauch, bei welchen das Charakteristische in einem Kolben besteht, der auf einer Welle sitzt und sich innerhalb desCylinders mit dieser Welle dreht. Die gewöhnliche Anordnung einer solchen Volldruckmaschine geht aus Fig. 615 hervor.

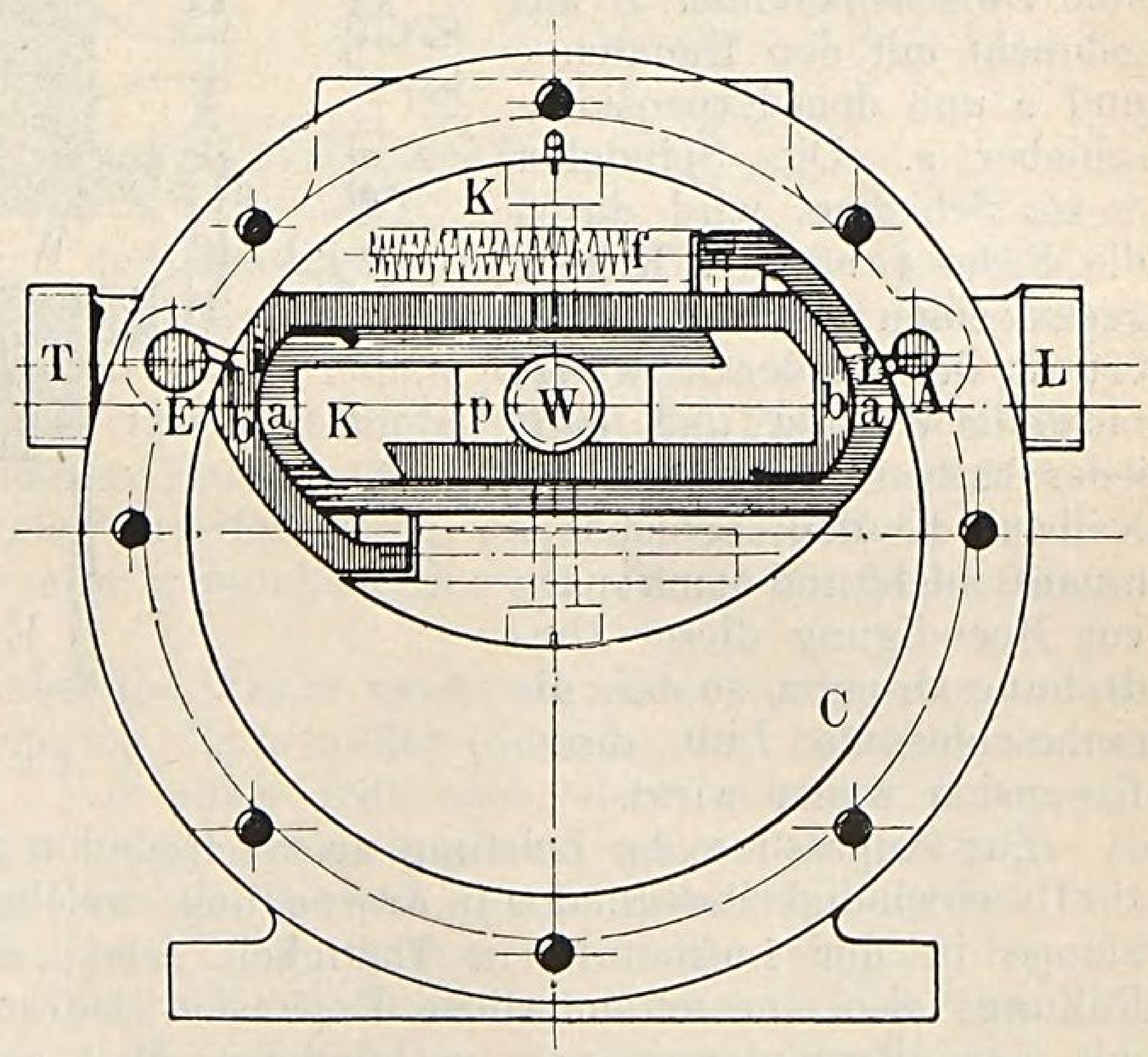


Fig. 615.

In einem gusseisernen, cylindrischen Gehäuse C ist ein elliptisch geformter, luftdicht an die Gehäusewände sich anschliessender Kolben K auf der exzentrisch gelagerten Welle W angebracht. Dieser Kolben besteht aus zwei in der Längenachse der Ellipse verschiebbaren Teilen a a und b b, welche an den ebenen Flächen des Cylinders sich drehen und während der Drehung durch Spiralfedern sowie durch in den Zwischenraum eintretende Druckluft nach aussen und dadurch zur stetigen Berührung mit

der inneren Cylinderwand gedrängt werden, gleichzeitig aber das Prisma p an der Welle W umfassen und diese mitnehmen. Die Druckluft tritt durch das Rohr L in einen Kanal A, der sich längs der ganzen Cylinderwand hinzieht und durch zahlreiche Löcher i (S. Fig. 616) nach innen öffnet, so dass sie gegen den Kolben zur Wirkung kommt und denselben in Drehung versetzt, während die gebrauchte Luft an der gegenüberliegenden Seite durch die Löcher i und einen gleichen Kanal E dem Auspuffrohr T zugeschoben wird. Indem die Löcherreihe i in der gezeichneten Todpunktlage des Kolbens etwas über der Mitte der grossen Ellipsenachse liegt, findet ein geringes Voreinströmen statt; gleichzeitig gestattet die symmetrische Lage der Kanäle A und E eine Umkehrung der Bewegung durch Anschluss des Stutzens T an die Druckluftleitung.

Bei der vorstehend beschriebenen Volldruckmaschine wirkt die Druckluft während einer halben Kolbenumdrehung ungeschwächt auf die eine Kolbenseite, worauf die Ausströmung sofort beginnt. In Fig. 616 ist dahingegen eine Drehmaschine dargestellt, in welcher die Luftzufuhr früher abgeschlossen und die Druckluft auch mit Expansion zur Wirkung gebracht wird. Zu dem Zwecke ist zwischen der Luftleitung L und dem Luftkanal A mit den Einströmungsöffnungen i i eine Zwischenkammer B angebracht mit den Kanälen c und e und dem Expansionsschieber s. Die Spindel t dieses Schiebers wird durch die Feder f mit der Rolle r gegen einen Daumen D gedrückt, der auf der Schwungradwelle W sitzt und nach jeder halben Umdrehung des Kolbens K den Schieber s hinaufschiebt und den Kanal e vor Beendigung dieser Umdrehung absperrt, so dass die eingeschlossene Luft durch Expansion weiter wirkt.

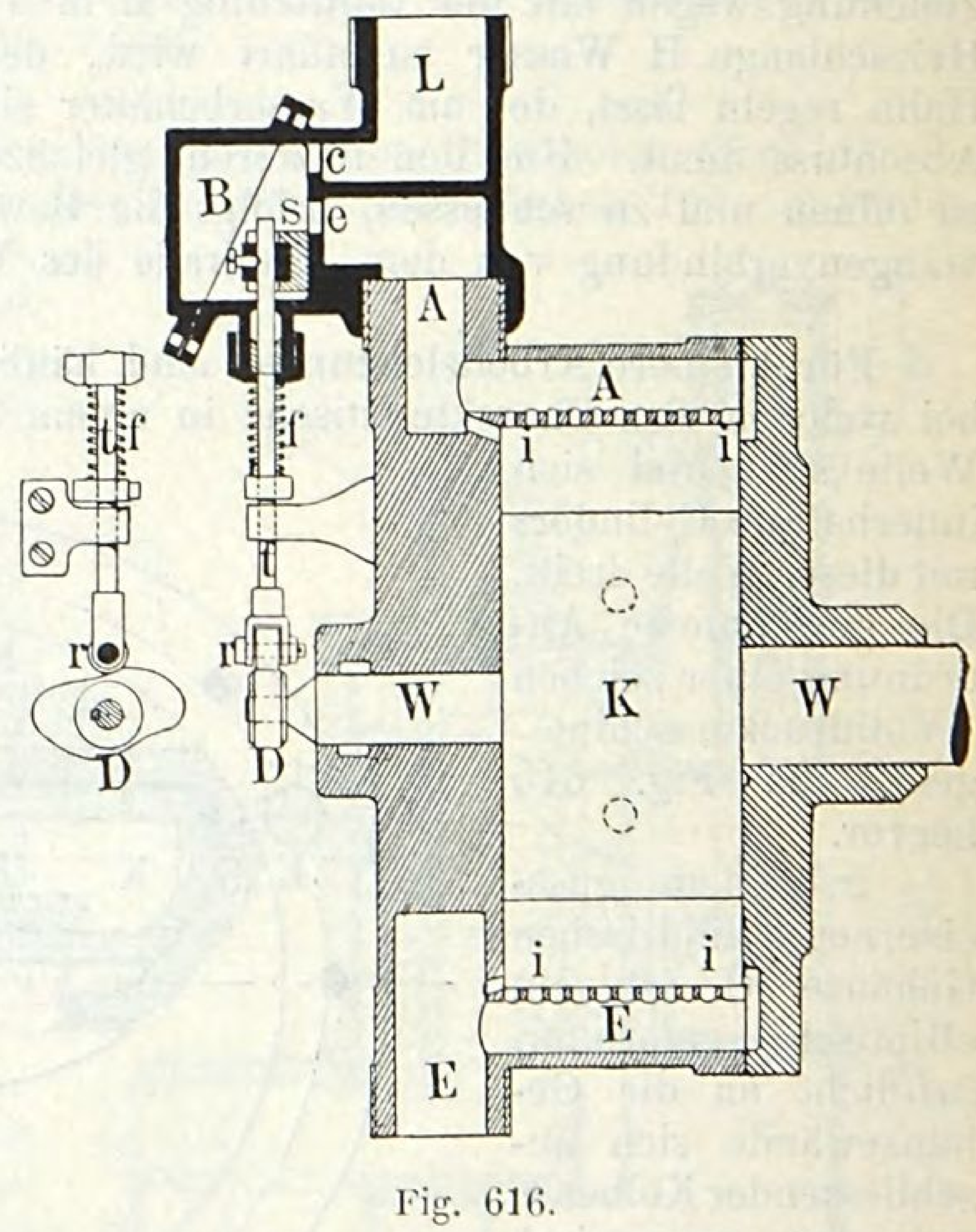


Fig. 616.

Zur Anpassung der Leistung an wechselnden Arbeitsverbrauch kommt ein Geschwindigkeitsregulator in Anwendung, welcher entweder eine Drosselklappe in der Luftleitung in Thätigkeit setzt, oder eine Änderung der Füllung, also eine veränderliche Expansion dadurch hervorruft, dass ein mit dem Regulatorgestänge verbundener Keil zwischen Daumen D und Rolle r geschoben wird und damit dem Schieber s eine andere Lage erteilt.

Bezüglich des Luftverbrauches der Druckluftkraftmaschinen verschiedener Leistungsfähigkeit und bei verschiedenen Vorwärmetemperaturen, können

die in folgender Tabelle zusammengestellten Versuchsergebnisse mehrerer dieser Maschinen als Anhaltspunkte gelten:

	Grösse	Bremsleistung	Umdrehungen i. d. Min.	Lufttemperatur bei Eintritt	Lufttemperatur bei Austritt	Luftverbrauch p. Bremspferd und Stunde	
Kurbel-Maschinen	2 *PS*	2,1 *PS*	169	10°	—	34,1 *cbm*	
	2 „	2,27 „	148	150°	0°	19,7 „	
	80 „	72,3 „	54,3	129°	21°	14,65 „	
	80 „	72,3 „	54,3	160°	35°	13,16 „	
Dreh-Maschinen	0,5 „	0,61 „	241	50°	—	47,3 „	Ohne Expansion bei 4 *Atm* Druck
	1,0 „	1,42 „	230	60°	—	46,0 „	
	1,0 „	1,20 „	210	70°	—	27,2 „	Mit Expansion bei 5 *Atm* Druck
	2,0 „	2,72 „	235	70°	—	24,0 „	

Fünfter Abschnitt.

Muskelkraftmaschinen.

Das Arbeitsvermögen des Menschen und der Tiere ist ausschliesslich durch die von ihrem Willen abhängigen Zusammenziehbarkeit der Muskeln bedingt, denn wenn auch in vielen Fällen das Gewicht dieser Kraftträger durch Heruntersinken von einer bestimmten Höhe die mechanische Arbeit in der Form der gebundenen Energie (S. 476) leistet, so war doch vorher eine gleichwertige Muskelarbeit erforderlich, um den Arbeitsträger auf diese Höhe hinaufzuschaffen, also gebundene Energie durch kinetische Energie zu erzeugen.

Die Eigenart der lebenden Wesen macht die Benutzung ihres Arbeitsvermögens gegenüber den sog. Naturkräften (S. 484) von wesentlich anderen Bedingungen abhängig. Vor allem tritt nach einer gewissen Menge abgegebener Arbeit Abspannung, Ermüdung und zuletzt vollständige Erschlaffung und damit die Unmöglichkeit ein, weiter Arbeit zu leisten Demnach kann im Allgemeinen die Leistung nur in Pausen erfolgen, die allerdings je nach dem Individuum, der Konstitution, der Ernährung, dem Alter, der Gewohnheit, dem Gesundheitszustand u. s. w. ebenso verschieden sind, als die Leistungsfähigkeit selbst von diesen Faktoren abhängt, und äusserst abweichend ausfällt. Ausserdem besteht noch eine Abhängigkeit von der Grösse der Kraft, von der Geschwindigkeit und der Arbeitszeit, indem grosse Kraft in der Regel kleine Geschwindigkeit und grosse Geschwindigkeit

kleine Kraft bedingt. Erfahrungsgemäss ist die Gesamtleistung der lebenden Arbeitsträger am grössten, wenn sie bei mittlerem Kraftaufwand, mittlerer Geschwindigkeit und mittlerer Dauer vor sich geht.

Wegen der hier vorliegenden Eigentümlichkeiten kann zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit nur die tägliche Leistung entscheiden, weshalb hierzu diese ausfindig zu machen ist und zwar ausserdem mit Rücksicht auf die Art der Arbeit (Tragen, Schieben, Ziehen, Drehen an der Kurbel, Treten etc.). Auf Grund zahlreicher Beobachtungen lässt sich die Leistung genügend annähernd durch die Formel bestimmen

$$L = K c$$

wenn mit K die mittlere Kraft, mit c die mittlere Geschwindigkeit bezeichnet wird, und die in folgender Tabelle zusammengestellte Übersicht der einzelnen Werte für gewöhnliche Fälle benutzen.

	Gewicht in *kg*	Mittlere Kraft K in *kg*	Mittlere Geschwindigkeit c in *m*	Mittlere Arbeitszeit t i. Stunden	Leistung in der Sekunde in *mkg*	Tägliche Leistung in *mkg*
Mensch . . .	70	14	0,785	8	11	316,800
Pferd	375	56	1,25	8	70	2,016,000
Ochs	300	56	0,785	8	44	1,267,200
Esel	180	35	0,785	8	27,5	792,000
Maulesel . .	250	47	1,10	8	52	1,497,600

Die genannten zahlreichen Faktoren, welche die Arbeitsfähigkeit der lebenden Wesen begleiten, beschränken die Verwendung der Muskelmaschinen ausserordentlich, so dass die letzteren nur verhältnissmässig selten und in sehr einfachen Formen auftreten. Die Arbeitsfähigkeit des Menschen insbesondere, geleitet und bethätigt durch dessen Willen, kommt in erster Linie nutzbringend in solchen Fällen zur Anwendung, bei denen es sich im Allgemeinen nicht um grosse Kraftentwicklung und grosse Gleichmässigkeit, sondern um eine grössere Mannigfaltigkeit und einen öfteren Wechsel in der Thätigkeit und den Aufgaben handelt, da der Mensch weder zu anhaltend grosser Kraftentfaltung geeignet ist, noch die Fähigkeit besitzt, sich stetig wiederholende gleichartige Aufgaben mit erwünschtem gleichmässigem Erfolge zu vollziehen. Daher wird der Mensch in der Gewerbe- und Industriethätigkeit als Kraftträger überhaupt nicht oder doch nur in besonderen Ausnahmefällen gebraucht, sondern hier ist ihm eine Thätigkeit zugewiesen, welche persönliche Geschicklichkeit beansprucht oder in Unterstützung und Beaufsichtigung der Maschinenthätigkeit besteht.

Zur Abgabe der Muskelkraft dient nur der Hebel oder ein Zugorgan. Der Hebel kommt in seinen verschiedensten Formen als einfacher und doppelter, geradliniger und Winkelhebel, besonders aber als Drehhebel oder Kurbel (S. 31) zur Verwendung, während zu Zugorganen sich in erster Linie Seile, ausserdem aber auch Ketten und Stangen eignen. — In den weitaus meisten Fällen erfolgt durch die genannten Kraftaufnehmer unmittelbar der Antrieb von Werkmaschinen (Winden, Hebezeuge aller Art, Pumpen, Transportvorrichtungen, Pressen), so dass sie als Teile derselben zu gelten haben. Bei einzelnen Antrieben wird die Kurbel mit einer besonderen horizontalen Welle verbunden, die mit einem Schwungrade zur Ausgleichung der Ungleichmässigkeiten (S. 244) und mit Seilscheiben zur Transmission versehen ist. Zwei entgegengestellte Kurbeln gestatten die gleichzeitige Bethätigung zweier Menschen (zweimännige Kurbeln).

Vielfach im Gebrauch, namentlich bei Bauten und ähnlichen, gewöhnlich nicht immerwährenden Zwecken sind die sogenannten liegenden und stehenden Wellen.

Die liegenden Wellen heissen gewöhnlich Haspel und bestehen im Allgemeinen aus einer horizontalen Welle w (Fig. 617) und einem Kraftaufnehmer, der entweder von einer Kurbel k (Kurbel- oder Hornhaspel) oder von einem Kreuz a (Kreuzhaspel) oder von mehreren Armen (Spillen; Spillenhaspel) s gebildet wird. — Diese Haspel gestattet mit Hilfe eines sich auf- oder abwickelnden Seiles S in Verbindung mit Rollenführungen die Ausübung eines Zuges nach allen Richtungen und demnach eine vielseitige Verwendung.

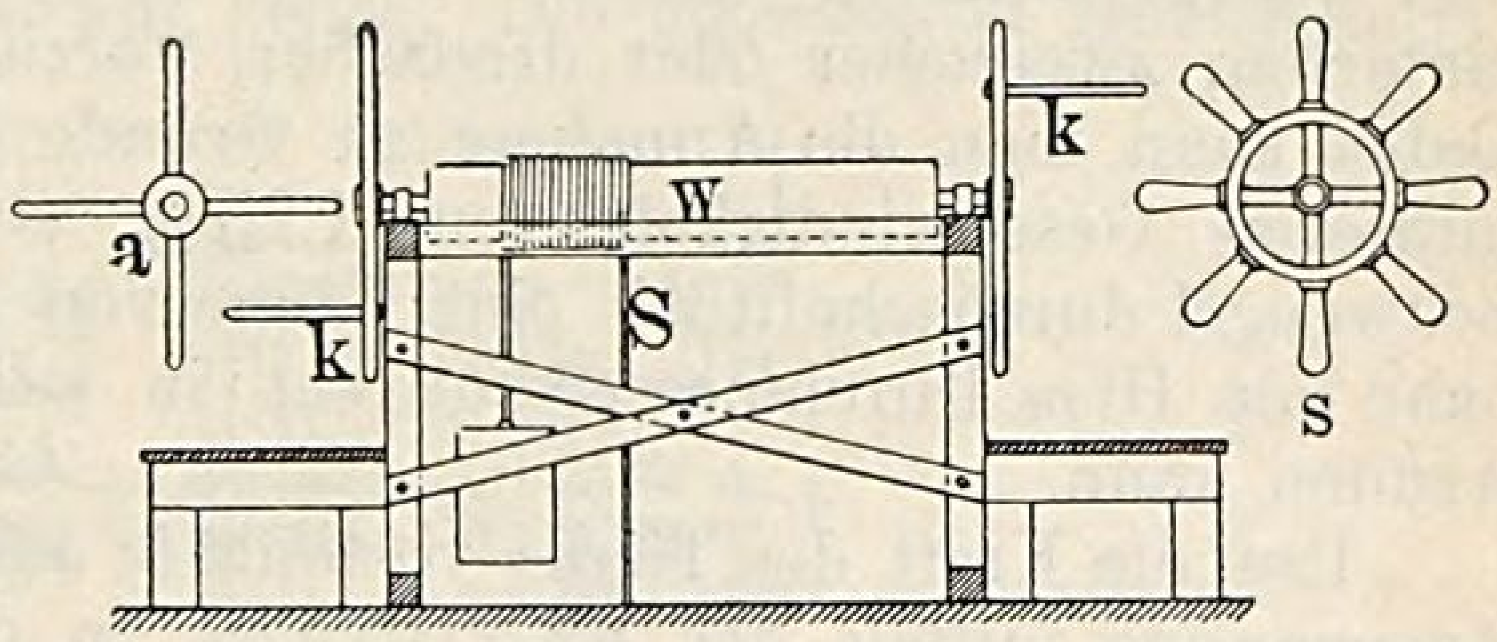


Fig. 617.

Als Grundlage der stehenden Wellen oder Winden kann die in Fig. 618 skizzirte sog. Erdwinde gelten. Das Wesen derselben ist eine aufrechtstehende Welle w, welche in einem einfachen Holzgerüst a b c d gelagert ist, das mit dem Grundrahmen a d auf die Erde gestellt und vermittelst eingeschlagener kurzer Pfähle t t oder passend angebrachter Ketten oder Seile am Verrutschen verhindert wird. Der über das Gerüst hinausragende Wellenkopf nimmt vier Arme (Druckhebel) e e auf, welche die Arbeiter, je nach Bedürfniss 1 bis 4, vor sich herschieben, während sie im Kreise herumgehen. Das dabei sich aufwickelnde Seil s steht mit dem zu überwindenden Widerstande, z. B. zum Transportiren von Lasten (Bausteine), in Verbindung und kann, über zweckentsprechende Rollen r geleitet, die Zugkraft nach jeder Richtung leiten. — Die stehende Welle wird Tummelbaum oder Brustbaum genannt, wenn (Fig. 619) die Arme e e in der Weise

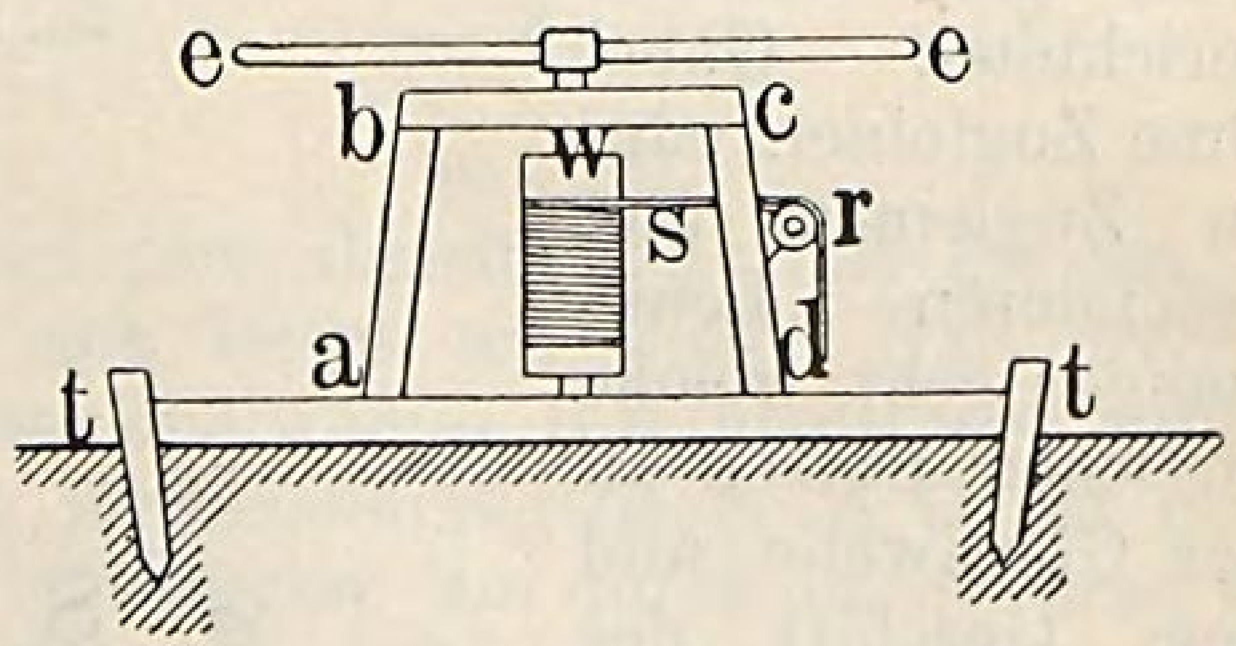


Fig. 618.

angebracht sind, dass die Arbeiter innerhalb des Gerüstes zur Bewegung Platz finden. — Ist die stehende Welle zum Heben von Lasten an dem Gebälke eines besonderen Gebäudes gelagert, so führt dieselbe den Namen Göpel, während das Gebäude Göpelhütte genannt wird. Bei Handbetrieb (Handgöpel) erhalten dann die in Brusthöhe angebrachten Arme (Schwengel) eine Länge von 2,5 bis 3,5 *m*; als mittlere Zugkraft kann hierbei 12 *kg*, als mittlere Geschwindigkeit 0,6 *m* in der Sek. angenommen werden.

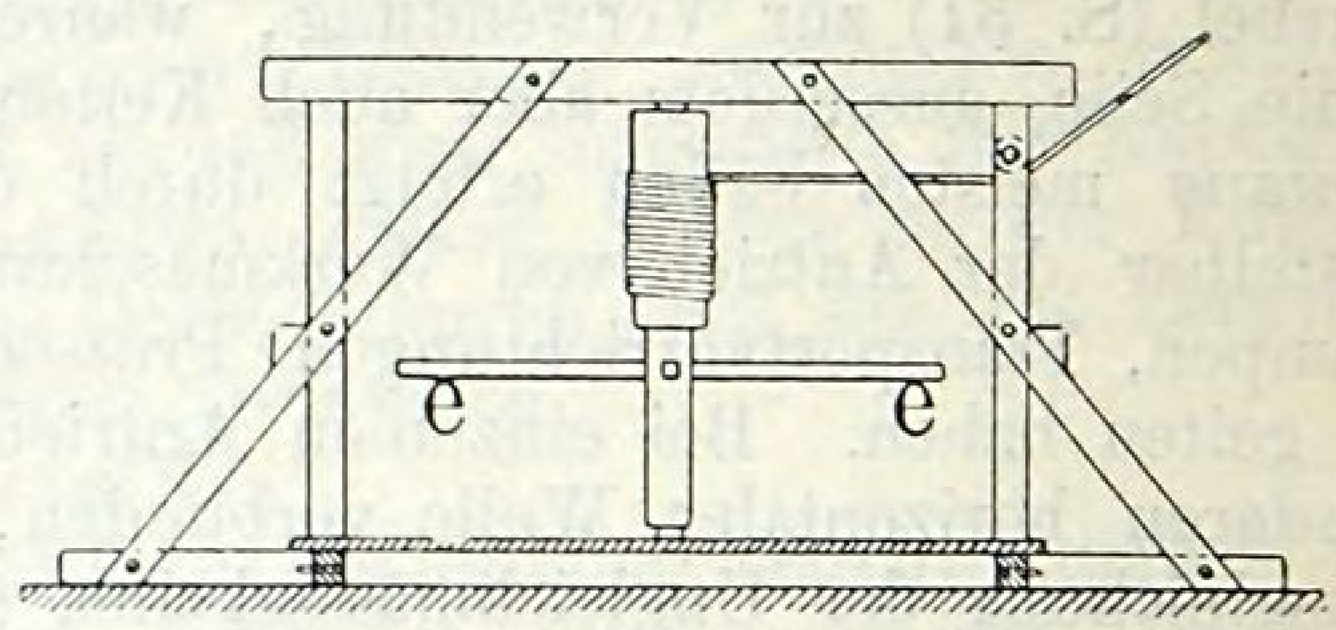


Fig. 619.

Aus diesem Göpel sind die gleichnamigen Kraftmaschinen abzuleiten, welche die Muskelkraft von Pferden, Ochsen, Eseln aufnehmen und zum Unterschiede von geschobenen Handgöpeln auch wohl Zuggöpel, Rosskünste, Pferdegöpel genannt werden und stets mit Einrichtungen versehen sind, welche die geringe Geschwindigkeit der Welle in eine erheblich höhere umsetzt. Hierzu dienen in der Regel Räderübersetzungen mit einfacher, zweifacher oder dreifacher, vorzugsweise zweifacher Übersetzung. Dabei kann man die Annahme zu Grunde legen, dass das Pferd mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1,25 *m* etwa 56 *kg* zieht und dass die Schwengel durchschnittlich eine Länge von 5 *m* haben, wodurch eine Rennbahn von 10 *m* Durchmesser entsteht, in welcher das Tier sich noch günstig wenden kann.

Um die Kraft des Tieres vorteilhaft auszunutzen, ist es notwendig, die Anspannung mittels der Zugleinen in der Weise anzuordnen, dass sie nach hinten, d. h. vom Pferde zum Schwengel abwärts um etwa 15 bis 18° geneigt sind und dass die Zugkraftleine des Tieres in der Horizontalebene die Schwengel rechtwinklig schneidet, wenn dasselbe sich in der Rennbahn bewegt. Das letztere wird am einfachsten erreicht, wenn das Tier entweder unter dem Schwengel in einer nach abwärts gerichteten Gabel ohne Zugleinen oder an Zugleinen und besonderen Lenkstangen geht, welche zwischen Bolzen an der Göpelwelle und dem Geschirr des Tieres befestigt sind.

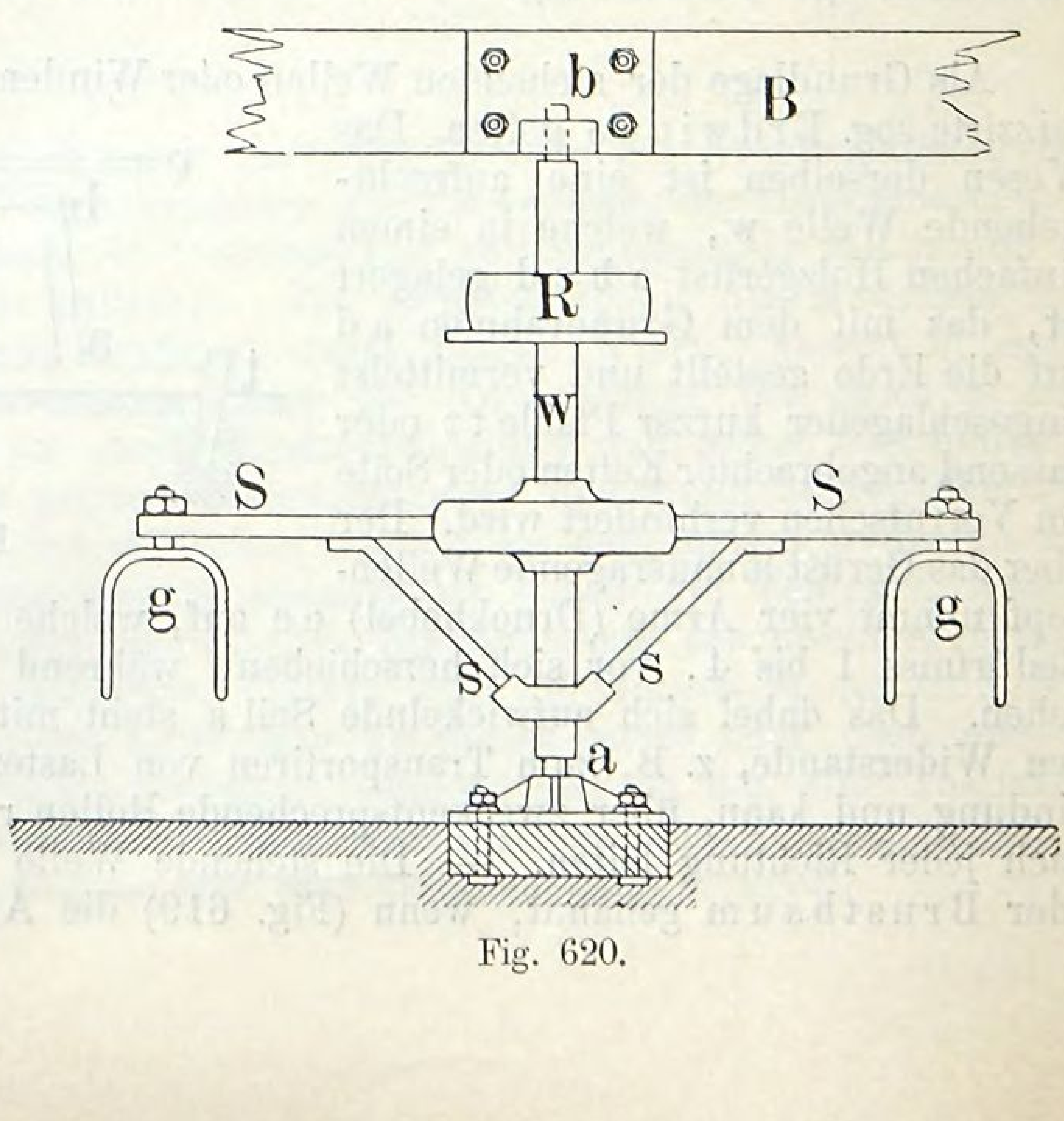


Fig. 620.

Bezüglich der Aufstellung der Göpel werden unterschieden: feststehende oder Gebäudegöpel, freistehende oder transportable und

fahrbare Göpel. — Nach der Anzahl der anzuspannenden Tiere spricht man von 2-, 4-, 6- u. s. w. pferdigen Göpeln.

Ein zweipferdiger Hausgöpel aus Eisen ist in Fig. 620 dargestellt. Die Göpelwelle w ist mit einem Spurzapfen auf das Grundlager a und mit einem Endzapfen in einem Halslager b gestützt, welches an einem Balken B befestigt ist. Ein Doppelschwengel S S, der mit w fest verbunden und durch zwei Streben s s gestützt wird, trägt an jedem Ende eine Gabel g g zum Anspannen. Diese Gabeln greifen über die Pferde und erhalten eine Verbindung mit den Kummeten. Zur Abgabe der motorischen Kraft dient entweder eine Seilscheibe R oder ein Kegelzahnrad, von dem die Bewegung auf eine horizontale Welle übertragen werden kann, die zweckmässig unter dem Gebälk in Hängelagern gelagert ist.

Manche Hausgöpelanlagen lassen es erwünscht erscheinen, den Bodenraum innerhalb der Rennbahn frei zu erhalten, z. B. zur Aufstellung von Tragsäulen etc. Unter solchen Umständen empfiehlt sich die Aufhängung des Göpels unter dem Gebälk mit gleichzeitiger Benutzung einer Tragsäule als Göpelachse, wie Fig. 621 (Rapp) zeigt. Die gusseiserne Hohlsäule S,

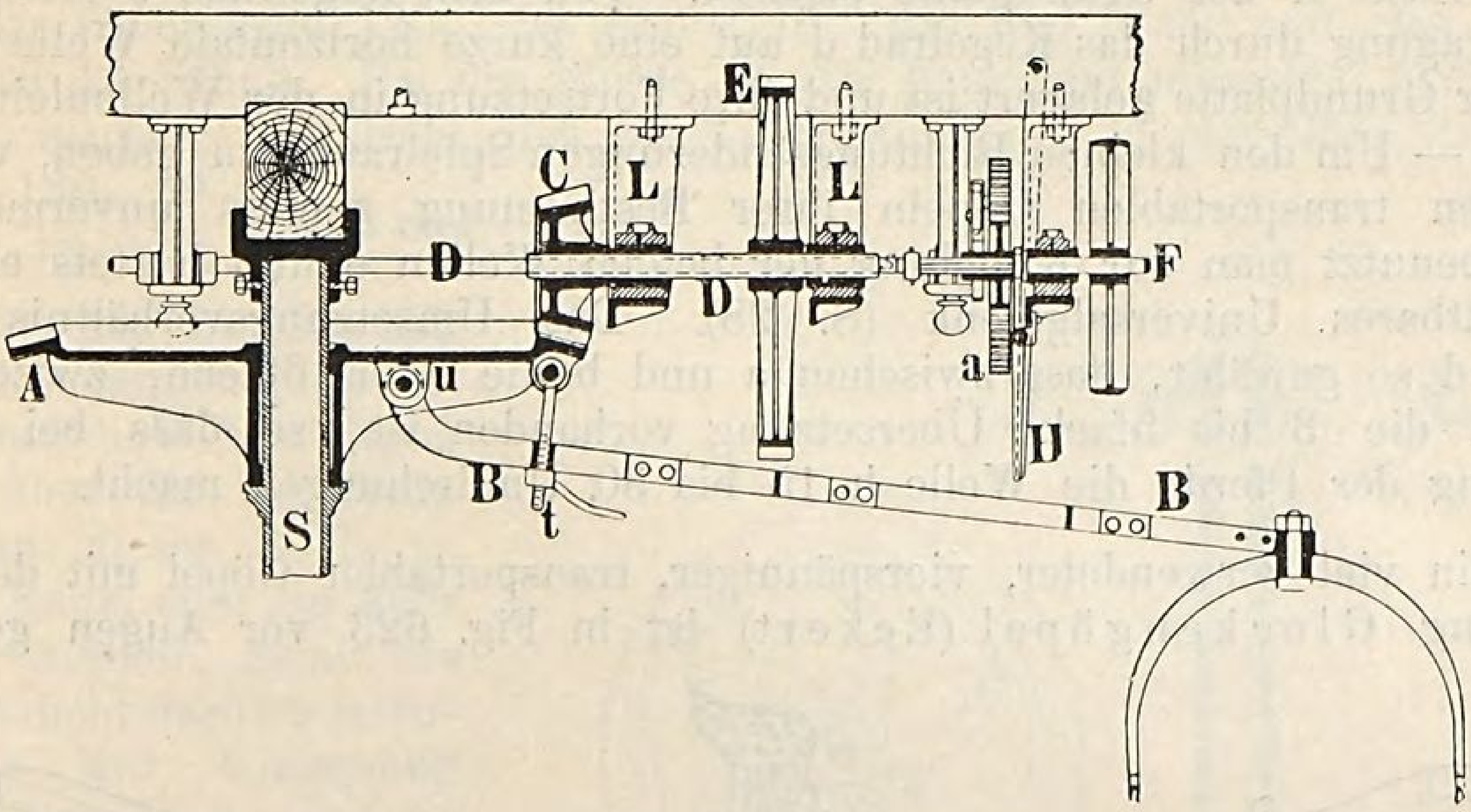


Fig. 621.

zugleich Träger des Gebälkes, nimmt an dem abgedrehten Hals die lange Nabe des Kegelrades A auf, welches sich leicht um diesen Hals dreht. Die mittels des verstellbar angeordneten Zugbaumes B B übertragene Bewegung des Zugtieres wird durch das Kegelzahnradgetriebe A C auf die in Hängelagern L L laufende Welle D D übertragen, um durch ein Stirnrad E die neben D D gelagerte Welle F umzutreiben, deren Stirnrad a durch kleinere Stirnräder auf zwei weitere vor und hinter der Welle F gelagerte Wellen treibend einwirkt, je nachdem mittels des Handhebels H das eine oder das andere Stirnrad mit a in Eingriff gesetzt wird. Das Stirnrad a sitzt lose auf seiner Welle und nimmt diese mittels eines Gesperres nur dann mit, wenn es sich nach einer Richtung bewegt. Beim Rücklauf des Göpels fällt die Übertragung aus. Der Zugbaum B wird mittels der gelenkig aufgehängten Schraube t der Grösse des Zugtieres angepasst, weshalb er auch mit Hilfe eines Bolzens u an dem Hauptrade A drehbar befestigt ist.

Die einfachste Anordnung eines transportablen Göpels für zwei Pferde geht aus Fig. 622 hervor. Auf der Grundplatte G erhebt sich eine kurze,

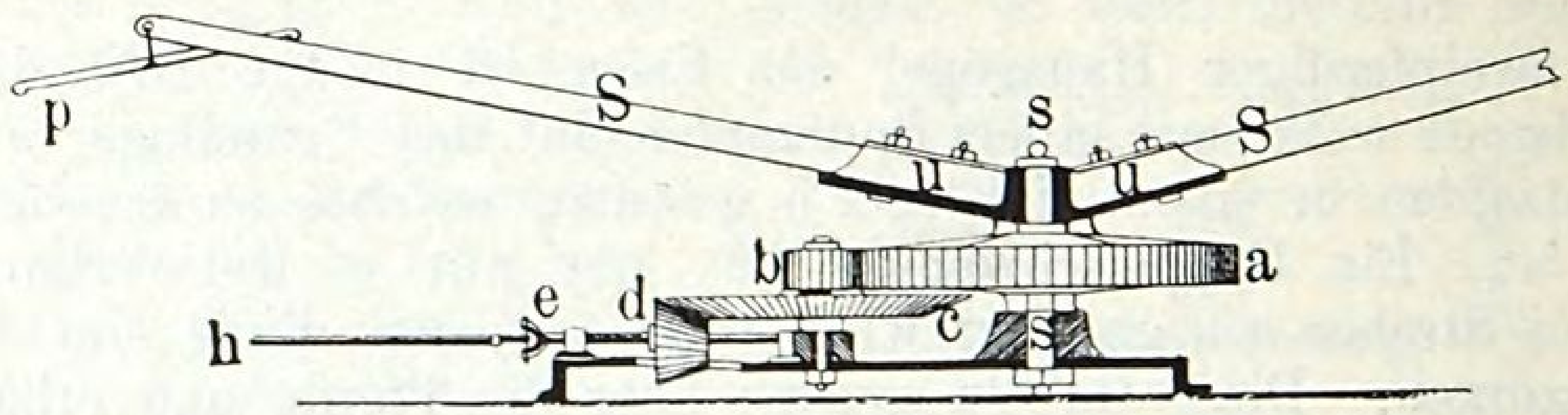


Fig. 622.

feste Säule s s zur Aufnahme eines Armstückes, das zwei Schuhe u u besitzt, in welchen die Schwengel S S befestigt sind, die am Ende ein Ortscheit oder eine Wage p zum Anspannen besitzen. Unter dem Armstücke A befindet sich ein Stirnzahnrad a, das mit A entweder zusammens gegossen oder passend, z. B. durch Schrauben, festverbunden ist, so dassich beide Teile gemeinschaftlich um die Säule drehen. Zur Umsetzung der kleinen Umdrehzahl in eine grössere dient das Triebrad b, das sich mit dem grossen Kegelrad c um eine gemeinschaftliche Achse dreht, die in dem Stücke n der Grundplatte festsitzt. Von dem Kegelrade c erfolgt die Übertragung durch das Kegelrad d auf eine kurze horizontale Welle e, die auf der Grundplatte gelagert ist und ihre Fortsetzung in der Wellenleitung h findet. — Um den kleinen Richtungsänderungen Spielraum zu geben, welche bei den transportablen Göpeln ihrer Bestimmung gemäss unvermeidlich sind, benutzt man zur Kupplung der beiden Wellen e und h stets ein bei e sichtbares Universalgelenk (S. 28). Das Umsetzungsverhältnis wird passend so gewählt, dass zwischen a und b die 5 bis 6fache, zwischen c und d die 3 bis 5fache Übersetzung vorhanden ist, so dass bei einem Umgang der Pferde die Welle h 15 bis 30 Umdrehungen macht.

Ein viel verwendeter, vierspänniger, transportabler Göpel mit der Benennung Glockengöpel (Eckert) ist in Fig. 623 vor Augen geführt.

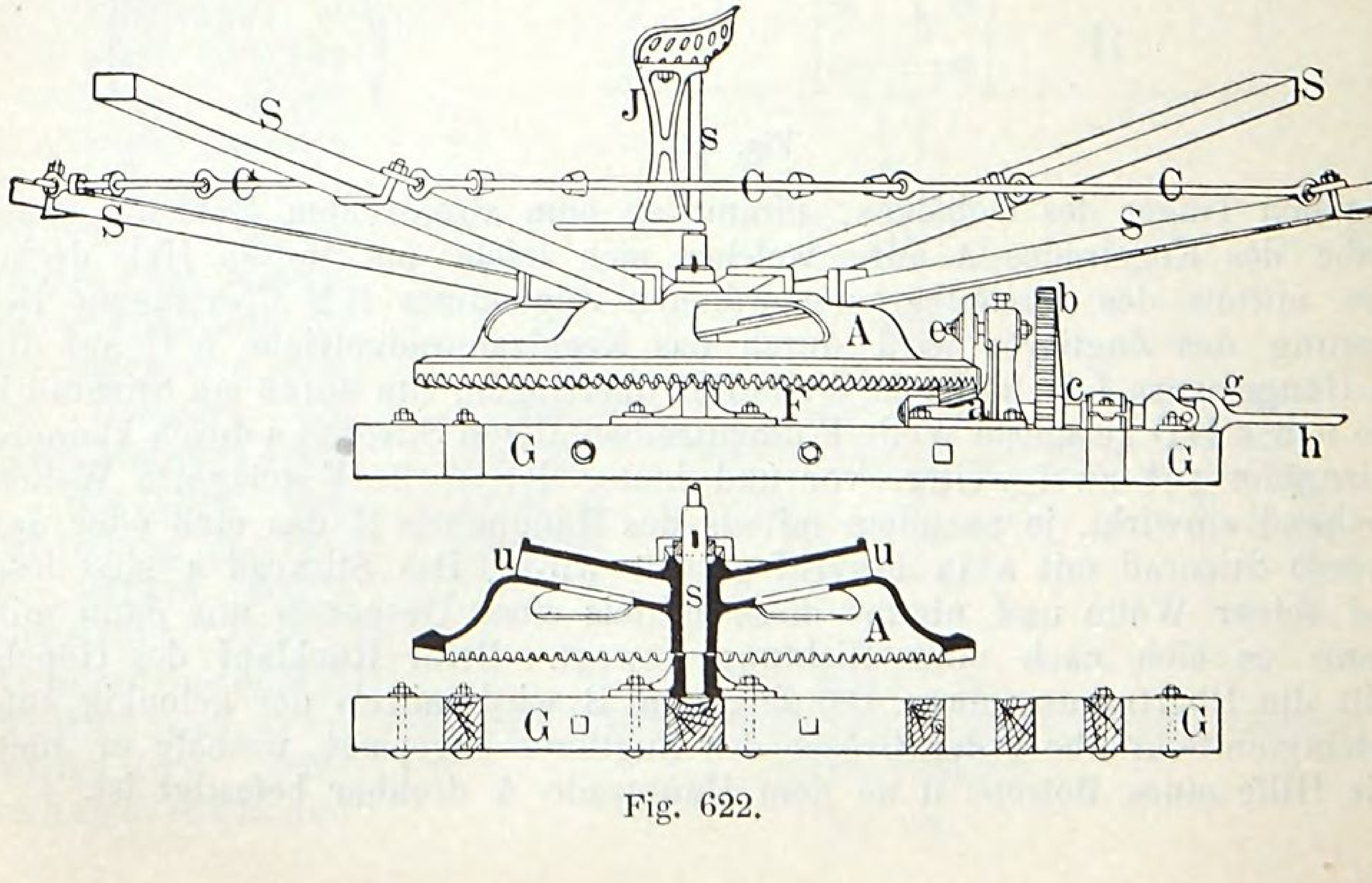


Fig. 622.

Als Grundlage des Göpels dient ein starker Rahmen G G aus Eichenholz, der in den Boden eingelassen und durch eingeschlagene Pflöcke an der Mitdrehung verhindert wird. Die mit Schrauben auf dem Rahmen befestigte Fussplatte F trägt die feste Säule s, welche in ihrer Verlängerung einen Sitz J für den Treiber aufnimmt und die Achse für das Hauptrad A bildet. Das Hauptrad A, welches die Form einer schalenartigen Glocke und dadurch Veranlassung zu der Benennung „Glockengöpel“ gegeben hat, besitzt vier angegossene radiale Schuhe u, u zur Aufnahme von vier hölzernen Schwengeln S, welche unter sich durch Zugstangen C verspannt sind. Das Glockenrad A ist kegelradartig verzahnt und greift mit seinen Zähnen in das Kegelrad a auf einer kurzen horizontalen Welle, die ausserdem ein Stirnrad b trägt, das in ein kleineres Stirnrad eingreift, welches die Triebwelle c in Umdrehung versetzt, an die sich mittels des Universalgelenkes g die Wellenleitung h anschliesst. Zur Sicherung des Eingriffs der beiden Räder A und a ist bei e eine einstellbare Laufrolle angebracht, die sich auf dem abgedrehten Kranz des Hauptrades wälzt und letzteres niederhält. Bei grossen Göpeln dieser Art wird der Zahnkranz des Hauptrades A aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt, um bei etwaigem Zahnbruch das schadhaft gewordene Segment schnell durch Auswechseln gegen ein neues ersetzen zu können. — Bei der gewöhnlichen Ausführung erhält das Glockenrad 120, das Rad a 15, das Rad b 69 und das letzte Triebrad 13 Zähne. Da die Pferde in der Rennbahn minutlich 2,25 Umgänge machen, so dreht sich die Leitungswelle h in derselben Zeit:

$$2{,}25 \cdot \frac{120}{15} \cdot \frac{69}{13} = 95{,}5 \text{ mal.}$$

Bei den in Fig. 622 und 623 dargestellten Göpeln muss die Wellenleitung quer über die Rennbahn und an dieser Stelle in einen Kanal oder ein Rohr gelegt werden, damit die Pferde nicht darüber straucheln. Zur Umgehung dieser Anordnung sind die sog. Säulengöpel entstanden, deren Kraftabgabestelle so hoch liegt, dass die Transmission über den Zugtieren bleibt. Die allgemeine Ausführung eines solchen Säulengöpels lässt Fig. 624 erkennen. Die auf einem Holzrahmen R befestigte Grundplatte G nimmt zunächst eine Büchse B auf, welche ein Stück mit der hohlen Säule T bildet, die als Zapfen für das Hauptrad A dient, das

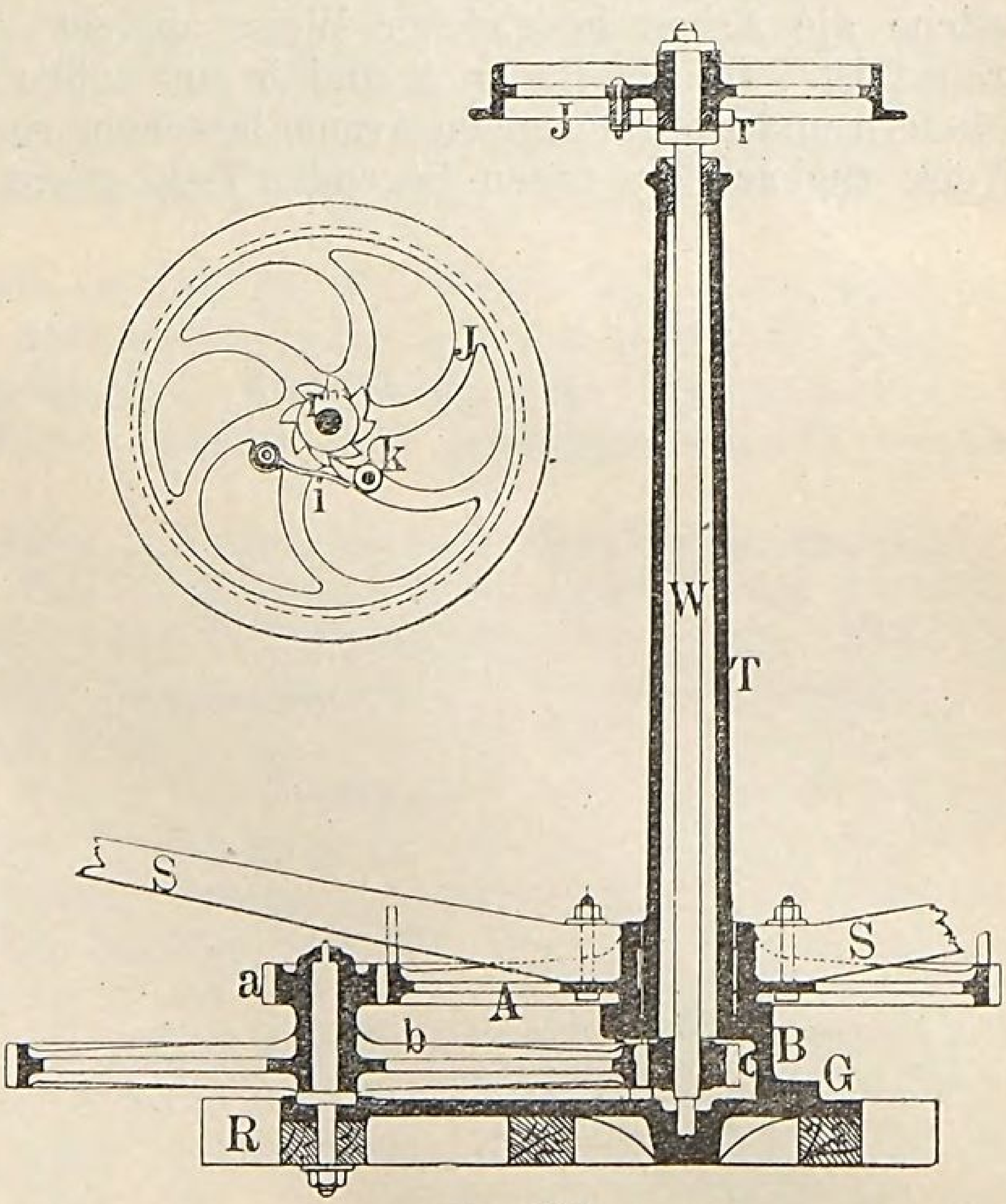


Fig. 624.

sich mit der Nabe um diese Säule dreht und mit vier Schwengeln S zum Anspannen der Zugtiere versehen ist. In das Rad A greift das Trieb a zusammengegossen mit dem Rade b, welches das Trieb c in Umdrehung setzt, das auf der langen in der Säule S stehenden Welle W sitzt und diese mitnimmt. Die Welle W trägt eine lose aufgesteckte Riemenscheibe J und unter dieser ein fest aufgekeiltes Sperrad r, in das ein Sperrkegel k der Riemenscheibe J vermittelst einer Feder i einfällt, so dass J von r nur nach einer Drehrichtung mitgenommen wird. Durch diese Klinkenkupplung wird verhindert, dass bei langsamem Gang oder Stillstehen der Tiere die Schwengel von der bewegten Masse der Transmission und Werkmaschinen mitgenommen werden, auf die Tiere stossen und diese gefährden können.

Die Fig. 625 lässt eine einfache andere Anordnung eines Säulengöpels mit Stirnrädern erkennen. Das innen verzahnte Rad A besitzt zwei Schuhe u, u zur Aufnahme der Schwengel S, S. Dasselbe dreht sich mit einer langen Nabe um einen hohlen Zapfen, der den Fuss der Säule bildet, die sich auf dem Hohlgussgestelle G erhebt. In Eingriff mit dem Rade A ist das Triebrad a, das mit dem Übersetzungsrade b auf einer kurzen Welle festgekeilt ist, die in dem Gestelle G ihre Lagerung findet. Das Rad b steht sodann im Eingriff mit dem Rade c, das auf der Göpelwelle s festsitzt, welche die Arbeit in gleicher Weise abgiebt, wie oben S. 737 Fig. 624 erklärt ist. Da die Räder A und b aus vollen Scheiben mit angegossenen Rändern und rippenförmigen Armen bestehen, so schützen sie in einfachster Weise zugleich die unten liegenden Teile gegen herabfallende Gegenstände.

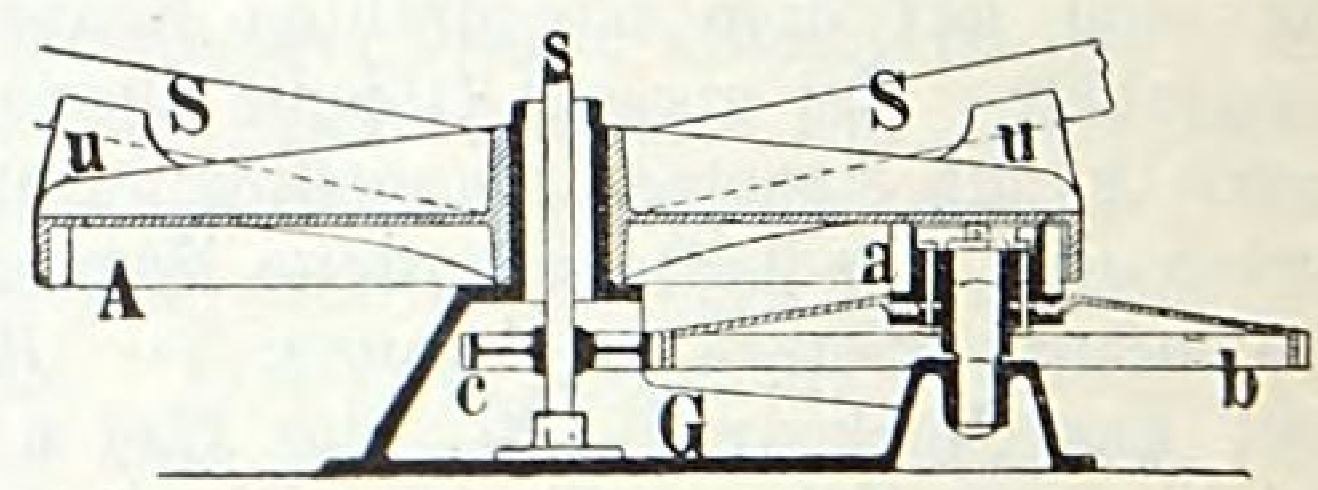


Fig. 625.

Vierter Teil.

Werkmaschinen.

Den Werkmaschinen ist die Aufgabe zugewiesen, aufgenommenes Arbeitsvermögen zu bestimmten Verrichtungen zur Verwendung zu bringen Diese Verrichtungen sind ausserordentlich zahlreich, zerfallen jedoch in zwei grosse Gruppen, je nachdem es sich darum handelt, Körper als Werkstücke nur von einem nach einem anderen Orte zu schaffen oder zum Zwecke der Formänderung zu bearbeiten. Die eine Gruppe umfasst demnach die Maschinen zur Ortsveränderung, die andere diejenigen zur Formänderung.

In allen Fällen handelt es sich bei den Werk- oder Arbeitsmaschinen um die Aufnahme eines Arbeitsvermögens von bestimmter Quantität und Verwandlung dieses Vermögens in Verbindung mit vorgeschriebenen Bewegungen in diejenige Form, welche dem jeweiligen Zwecke möglichst vollkommen entspricht.

Zahlreiche Verrichtungen gestatten einen unmittelbaren Anschluss an die Kraftmaschinen, z. B. Verbindung eines Pumpenkolbens mit der Kolbenstange einer Dampfmaschine oder Wassersäulenmaschine, eines Mahlsteines mit einer Turbinenwelle, einer Wasserradwelle mit einem Schöpfwerke u. s. w. Viel häufiger jedoch erweist es sich am zweckmässigsten, eine grössere Anzahl von Werkmaschinen von einer Kraftquelle aus mit Arbeitsvermögen zu versehen, also von einer Transmission (S. 175) anzutreiben, welche das zur Verfügung stehende Arbeitsvermögen auf die einzelnen Werkmaschinen, gemäss dem Bedürfnisse der letzteren, verteilt. Da die Transmissionen fast ausschliesslich die Bewegung in der Form von Drehbewegung fortpflanzen, so wird es auch als Regel zu gelten haben, dass die Werkmaschinen solche Organe zur Aufnahme von Arbeitsvermögen erhalten, welche eine Drehbewegung zu empfangen sowie fortzupflanzen oder in andere Bewegungsformen zu verwandeln geeignet sind. In der Regel dienen deshalb Riemenräder oder Seilscheiben als solche Organe und zwar stets, zum Zwecke des

beliebigen Abstellens, in Verbindung mit Losscheiben (S. 54) oder beweglichen Kupplungen (S. 27), und sehr oft zur Hervorbringung verschiedener Geschwindigkeit in der Anordnung von Stufenscheiben oder Kegeln (S. 55), als auch in Verbindung mit Vorgelegen (S. 48 u. 181), Wechselrädern u. s. w. — In neuerer Zeit wird vielfach als Kraftübertragungsmittel Elektrizität mittels der sog. Dynamomaschinen (S. 217) gewählt; da letztere unmittelbar die Werkmaschinen antreiben aber gewöhnlich mit so grosser Anzahl von Umdrehungen sich zu bewegen haben, dass eine starke Übersetzung erforderlich ist, so dient in diesem Fall die Schnecke mit Schneckenrad (S. 63) als Kraftübermittler.

Eine grosse Anzahl von Werkmaschinen wird nur vorübergehend und dann oft an sehr häufig wechselnden Stellen in Thätigkeit gesetzt. In solchen Fällen werden dieselben transportabel, d. h. fahrbar oder tragbar eingerichtet und vielfach mit Einrichtungen zur Aufnahme von Menschenkraft versehen, welche gewöhnlich zugleich eine bedeutende Kraft- oder Geschwindigkeitsübersetzung bezwecken.

Erster Abschnitt.

Fördermaschinen.

Ist der ausschliessliche oder hauptsächliche Zweck einer Maschine die Bewegung von Gegenständen behufs einer Ortsveränderung, also die Beförderung von Gegenständen von einem Orte zu einem anderen, so nennt man diese Maschine passend eine Fördermaschine, zunächst ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit der Gegenstände und die Richtung der Bewegung.

Bezüglich der Beschaffenheit der zu fördernden Gegenstände pflegt man nach den Agregatformen feste, halbflüssige und teigige, flüssige und luftförmige zu unterscheiden, weil diese Formen ganz wesentlich die Mittel zur Förderung bedingen und bestimmen. — Befindet sich eine grosse Anzahl fester Körper ohne weiteren inneren Zusammenhang haufenweise gesammelt bei einander (Kies, Getreide, Mehl, Baumwolle u. dergl.), so nennt man diese sehr zweckmässig Sammelkörper.

Die Richtungen, in welchen die Förderung stattzufinden hat, sind ausschliesslich oder nahezu wagrecht oder senkrecht, je nachdem die Ortsveränderung der in Betracht kommenden Körper ohne oder mit erheblichen Veränderungen der Höhenlage durch Heben und Senken vorgenommen werden soll. Da nun die Anordnungen und Vorrichtungen zur horizontalen Bewegung durchgehends nach vollständig anderen Gesichtspunkte getroffen werden, als diejenigen, welche ein Heben und Senken bewirken, so teilt man sie zunächst zweckmässig auf dieser Grundlage in zwei grosse Gruppen:

1. in Vorrichtungen zur horizontalen Bewegung, kurzweg Transportvorrichtungen genannt und
2. in Vorrichtungen zur vertikalen Bewegung kurzweg Hebevorrichtungen genannt.

Eine besondere Stellung unter den Förderungsvorrichtungen nehmen diejenigen ein, deren Bestimmung in der Ortsveränderung von flüssigen

und luftförmigen Körpern besteht, die also hauptsächlich zur Fortbewegung von Wasser und Luft dienen. Es sei nur darauf hingewiesen, dass das Wasser unter dem Einfluss der Schwerkraft selbst bei kleinen Höhenunterschieden schon ins Fliessen geräth und deshalb nur einer Hebung bedarf, um eine Bewegung in horizontaler Richtung zu erhalten, und dass die Luft infolge ihres Expansionsvermögens sowohl durch Vergrösserung als durch Verminderung der Expansivkraft nach allen Richtungen fortzubewegen ist. Weil nun die Anordnungen zur Bewegung des Wassers und der Luft grösstenteils auf diesen Eigenschaften beruhen, so ist es zweckmässig, dieselben getrennt von den allgemeinen Fördervorrichtungen zu behandeln, weshalb der nachfolgende Abschnitt zerfällt in:

1. Transportvorrichtungen,
2. Hebevorrichtungen,
3. Wasserfördervorrichtungen,
4. Luftfördervorrichtungen.

Erstes Kapitel.

Transportvorrichtungen.

Zum Fortschaffen von Gegenständen (Gütern, Lasten etc.) auf horizontalen Wegen (Strecken, Bahnen) sind in der Regel gefässartige Behälter erforderlich, welche die Gegenstände aufnehmen und in zwei Klassen zerfallen, je nachdem sie sich mit den Gütern bewegen oder nur zur Umhüllung dienen, so dass die Bewegung innerhalb derselben vor sich geht. Zu der ersten Klasse gehören die in den verschiedensten Grössen und Formen notwendigen transportabelen Behälter, zu der zweiten die rinnen-, rohr- oder kanalartigen Einrichtungen, in denen sich der Transport vollzieht. — Zu der ersten Klasse ist auch das in vielen Fällen sehr nützlich zu verwendende Tragband oder Förderband zu rechnen, das aus einem horizontal ausgespannten und bewegten endlosen breiten Bande besteht, dessen Oberfläche mit den fortzuschaffenden Gegenständen beladen wird. — Den Übergang von der ersten zur zweiten Klasse bildet die sog. Wippe oder Förderrinne, durch welche die Fortschaffung infolge einer Pendelbewegung bewerkstelligt wird.

Die Förderung auf horizontalen Wegen erfolgt sowohl auf Wasser als auf festem Erdboden und in der Luft.

Zum Transport auf Wasser (Wasserstrassen) dienen Flösse oder schwimmende Fahrzeuge (Wasserfuhrwerke: Kähne, Schiffe etc.), welche von der Wasserströmung, von Zugtieren, von der Windströmung mittels Segel, oder von Dampfmaschinen, in einzelnen Fällen mit Zuhilfenahme eines Seil- oder Kettentriebes (Seilschiffahrt, Kettenschiffahrt) ihre Bewegung erhalten.

Den Transport auf festem Boden (Erdbahnen) vermitteln, abgesehen von dem hier nicht weiter in Betracht zu ziehenden Tragen von Lasten seitens Menschen und Tiere, besondere Transportgeräthe der verschiedensten Art auf eigens hergestellten Bahnen (Transportwegen, Transportstrassen) oder den gewöhnlichen Fahrstrassen, auf denen sie mittels Menschen-, Tier- oder Elementarkraft fortgezogen oder fortgeschoben werden.

Der Transport in der Luft erfolgt entweder auf entsprechend hoch angelegten, festen Gleisen (Hochbahnen) oder auf ausgespannten Seilen (Luftseilbahnen, Hängebahnen) durch Fortziehen der Fördergeräthe.

I. *Fördergeräthe.*

Die Fördergeräthe bieten eine sehr grosse Mannigfaltigkeit in Bezug auf Grösse, Form und die Mittel der Fortbewegung dar, weil nicht nur die Menge der fortzuschaffenden Lasten ausserordentlich wechselt, sondern auch die Gestalt, das Gewicht und die Beschaffenheit der letzteren vielerlei Rücksicht beanspruchen, so dass bei zahlreichen Betrieben die Konstruktion der Fördergeräthe ausschliesslich den genannten Eigentümlichkeiten mit Vorteil angepasst wird. Von hervorragender Bedeutung für die Anordnung dieser Geräthe sind jedoch die Einrichtungen für die Fortbewegung derselben, weshalb man sie in der Regel nach diesen klassifizirt, indem man wesentlich unterscheidet:

1. Fördergeräthe, die auf Gleitschienen ruhen, deshalb Schlitten genannt werden und mit Überwinduug der sog. gleitenden Reibung ihre Bewegung erhalten,
2. Fördergeräthe, die auf Rollen oder Rädern ruhen, den allgemeinen Namen Rollen- oder Räderfuhrwerke führen und mit Überwindung der sog. rollenden Reibung fortbewegt werden, und
3. Fördergeräthe unter Anwendung eines Förderbandes, einer Förderschnecke und einer Förderrinne oder Wippe,
4. Pneumatische Förderungen.

A. Schlitten.

Die Schlitten bestehen der Hauptsache nach aus zwei hölzernen, parallelen Bäumen (Läufern, Kufen), welche durch Querriegel mit einander verbunden, an ihrer unteren Lauffläche mit Eisen beschlagen und mit einem einfachen Aufbau, mitunter mit einem Korb, zur Aufnahme der Lasten versehen sind. Die Fortbewegung der Schlitten findet in der Regel durch unmittelbares Fortziehen auf den Strassen statt, so dass dieselbe nur die Überwindung der gleitenden Reibung notwendig macht, welche zwischen den Kufen und der Strasse auftritt. Um diese Reibung möglichst klein zu machen, werden die unteren Kufenflächen mit Eisen beschlagen, welches sich infolge des Schleifens sehr glatt erhält. Nichtsdestoweniger stellt sich die Fortschaffung von Lasten mittels Schlitten als ungünstig heraus, indem wegen der Beschaffenheit der Strassen die Nutzleistung keine grosse ist, sondern nur etwa 50 bis 60 % beträgt.

B. Räderfuhrwerke.

Die Räderfuhrwerke besitzen die Eigentümlichkeit, dass der die Last aufnehmende Teil (Gestell, Kasten, Korb, Gerüst) während der Fortbewegung ausschliesslich auf Rädern ruht, die sich um oder mit Zapfen drehen, welche am Gestelle gelagert sind. Infolge dieser Anordnung sind bei dem Transport mit Räderfuhrwerken diejenigen Widerstände zu überwinden, welche sich zwischen Zapfen und Lager als Zapfenreibung und

zwischen Rädern und Strasse als wälzende Reibung bilden. Da selbst die Summe der genannten Widerstände sehr viel kleiner als der Widerstand der gleitenden Reibung der Schlitten ist, so erklärt sich hieraus ohne weiteres die Thatsache, dass die Schlitten nur in einzelnen Fällen, die Räderfuhrwerke dahingegen ganz allgemein in Verwendung stehen.

Als das einfachste aber auch unvollkommenste Radfuhrwerk muss der in mancherlei Ausführungen bekannte, nur von Menschen in Bewegung gesetzte Schieb- oder Schubkarren erwähnt werden. Derselbe besteht (Fig. 626) dem Wesen nach aus zwei horizontalen Stangen a a (Karrenbäumen), welche bei b b passende Handhaben besitzen und zwischen c c ein Rad aufnehmen und durch Querstücke d d rahmenartig verbunden sind. Zwei Stützen ee bezwecken die Erhaltung der horizontalen Lage, während der Karren ruht. Die Kopfwand oder das Kopfbrett f verhindert das Abrutschen der Last über das Radende c c.

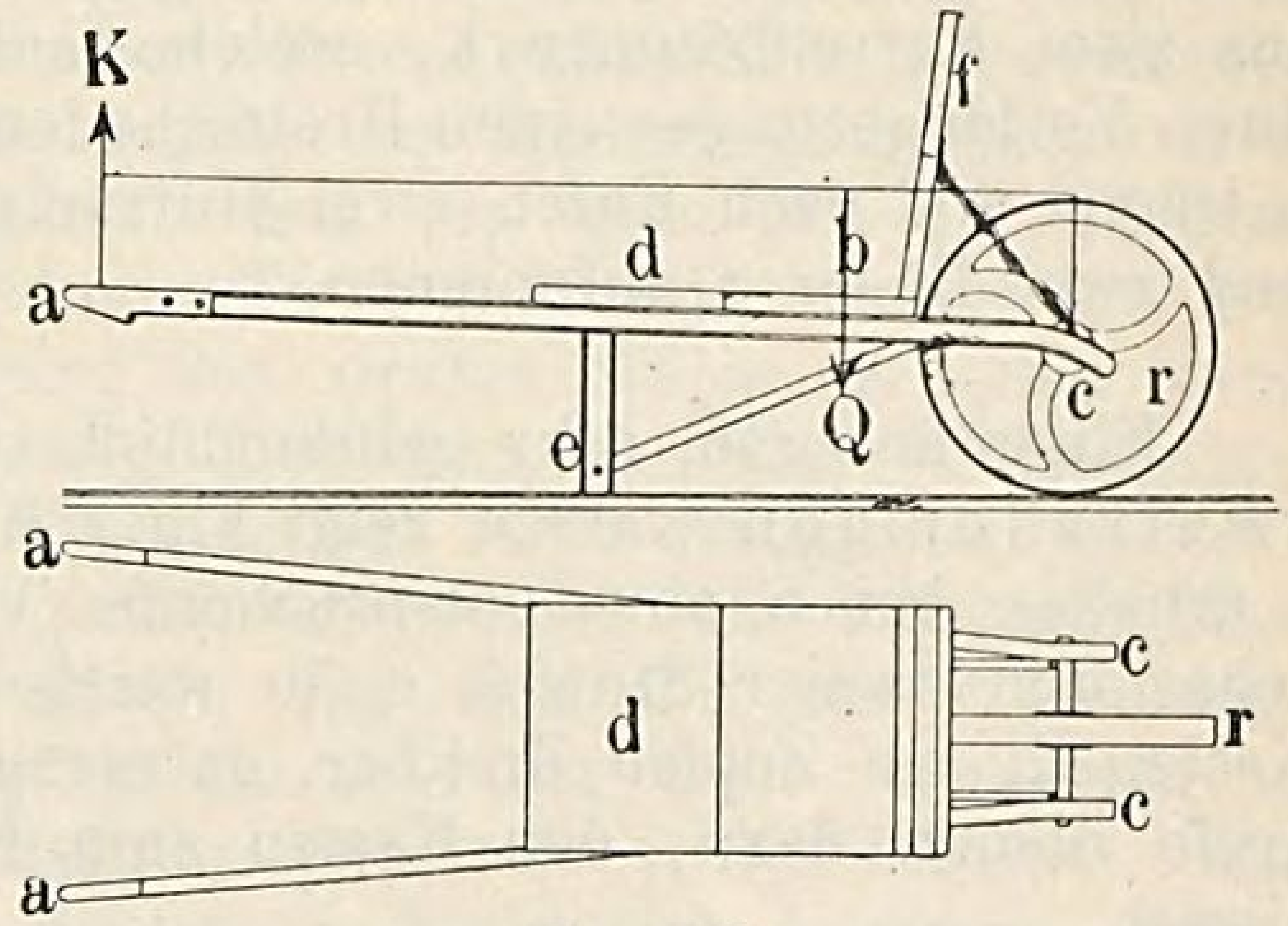


Fig. 626.

In den Einzelheiten besitzen die Schubkarren sehr grosse Verschiedenheiten. Zunächst verwendet man zu ihrer Herstellung oft ausschliesslich Holz, wobei nur die Achszapfen des Rades und deren Lager aus Eisen gemacht und das Rad mit einem eisernen Reifen versehen wird. In neuerer Zeit zieht man als Material Eisen vor und zwar zu den stangenartigen Teilen Winkel- und U-Eisen und Röhren, zu den Seitenteilen Blech und zu den Rädern Schmiedeeisen, mitunter Gusseisen. — Die Kopfwand f steht senkrecht oder nach dem Rade hinübergeneigt und bekommt oft eine gekrümmte Verlängerung oder eine ganz gekrümmte aus Sprossen gebildete Form (Sprossenkarren) über das Rad hinaus. — Zum Transport von Erde, Sand, Kohlen etc. errichtet man auf den Bäumen a a einen Kasten aus Blech, dessen Wände, zum Zwecke des leichten Entleerens durch Kippen, nach oben hin auseinandergehen. — Sehr zweckmässig ist der in Fig. 627 dargestellte Karren, bei dem der Kasten K bei k rinnenartig ausläuft, wodurch das Entleeren wesentlich erleichtert wird, weil der Massenschwerpunkt der Radachse näher liegt, um welche der Karren beim Entleeren gekippt wird. — Mitunter ist der Karrenkasten für sich um eine horizontale Querachse zum Kippen eingerichtet. — Eine besondere Art sind diejenigen Karren, welche statt der Kasten Gestelle zum Anhängen der Last besitzen. Die einräderigen Karren haben den Vorteil, dass sie nur eine sehr schmale Karrenbahn erfordern und sehr leicht seitwärts gekippt werden können. Ein grosser Nachteil liegt aber bei ihnen in dem Umstande, dass

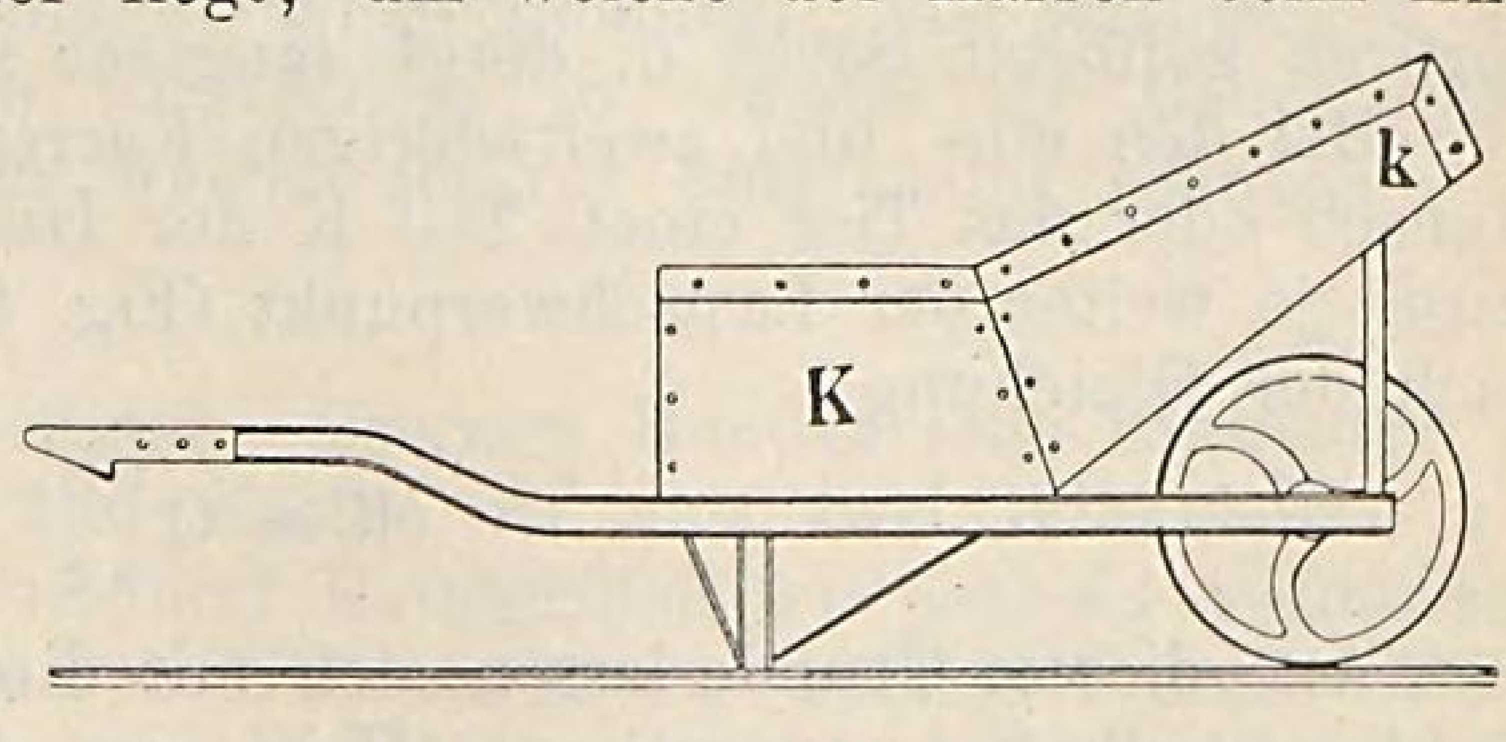


Fig. 627.

eine Ungleichförmigkeit der Belastung eine ungleichmässige Anstrengung der Arme des Karrenschiebers zur Folge hat. Diesem Nachteil wird dadurch abgeholfen, dass man, mit Verzicht auf das seitliche Kippen, an jeder Karrenseite ein Rad anbringt.

In sehr einfacher Ausführung besteht ein zweiräderiger Karren (Fig. 628) aus zwei Karrenbäumen a, welche auf ihren Verlängerungen einen Bretterboden p tragen und nach unten zwei Stützen e und zwei Räder r aufnehmen.

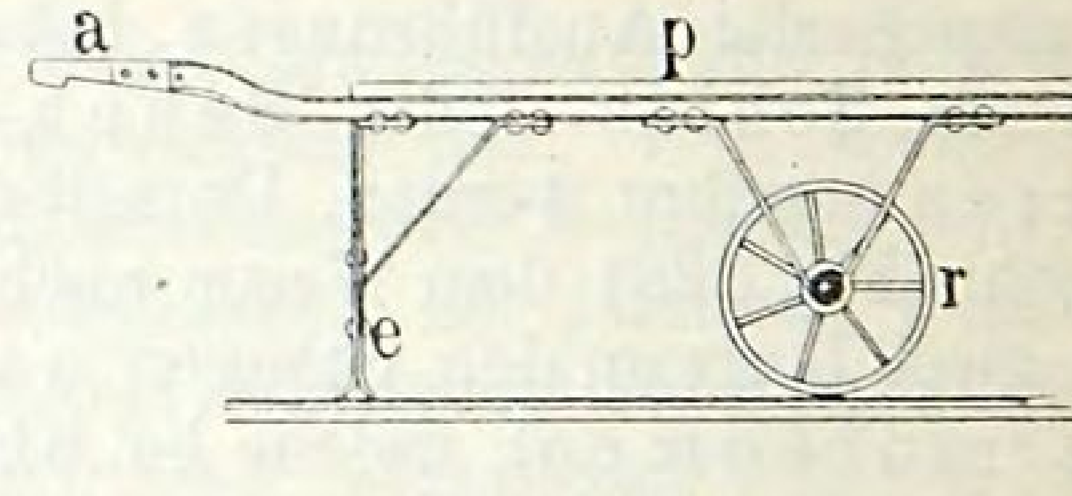


Fig. 628.

Einen anderen, sehr gebräuchlichen zweiräderigen Karren zeigt Fig. 629 in der Ansicht. Die Karrenbäume a erhalten bei c eine entsprechende Verstärkung zur Aufnahme der Radachse und zweier Stützen e, in welchen der aus Blech zusammengenietete Kasten K, um Zapfen drehbar, getragen wird. Zwei bei h sichtbare Handgriffe dienen dazu, den Kasten zum Entleeren um seine Hängezapfen zu kippen.

Die zweiräderigen Karren werden häufig von Zugtieren fortbewegt und zu dem Zwecke mit zwei Deichseln versehen, die eine Gabel bilden, in welche das Tier eingespannt wird. Bei der Beladung dieser Karren ist darauf zu sehen, dass der Schwerpunkt des beladenen Karrens vor die Radachse zu liegen kommt, damit ein unfreiwilliges Kippen vermieden wird. — Wegen der seitlichen Lage der Räder eignen sich die zweiräderigen Karren besonders zur Aufnahme hoher Gegenstände, die zwischen den Rädern fast bis zum Boden reichen können, z. B. Fässer, Glasflaschen in Körben (sog. Säureballons), Kübel u. dergl. und in der Regel an Zapfen zum Kippen getragen werden. — Eine hierher gehörende Anordnung ist auch die der Sackkarren mit kleinen, nahe zusammenstehenden Rädern, langen Bäumen und einer sog. Schaufel zum Transportiren gefüllter Säcke u. dergl. längerer schmälerer Lasten.

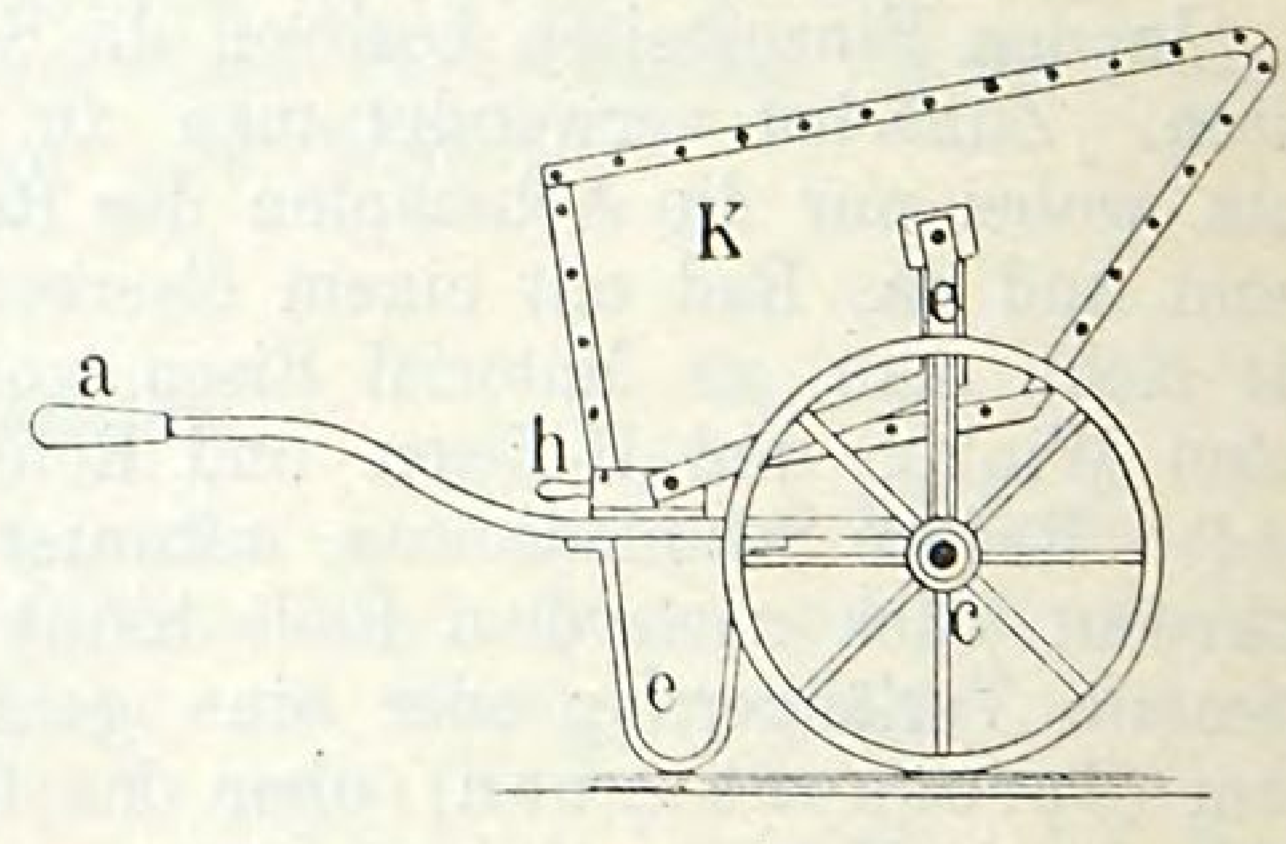


Fig. 629.

Bei den ein- und zweiräderigen Karren ist es notwendig, dass der Mensch oder das Tier einen Teil K der Last Q trägt, der um so grösser wird, je weiter der Lastschwerpunkt (Fig. 626) von der Radachse absteht, nach der Gleichung:

$$K = Q\frac{cb}{ac}$$

Aus diesem Grunde lassen sich mit diesen Fuhrwerken grössere Lasten nicht vorteilhaft transportiren. Hebt man dahingegen den Druck P durch ein drittes Rad oder durch ein zweites Räderpaar auf, so entstehen die für grosse Lasten allein zweckmässigen und für den ununterbrochenen Gebrauch höchst empfehlenswerten und daher ganz allgemein in Gebrauch

gekommenen drei- und vierräderigen Fahrgeräthe, welche zum Teil zu den Karren, zum Teil zu den Wagen gerechnet werden.

Von Wichtigkeit ist bei allen Fuhrwerken die Fähigkeit der Lenkbarkeit, d. h. sich leicht in jede beliebige Richtung bewegen zu lassen. Die ein- und zweiräderigen Karren sind dadurch leicht wendbar, dass man mit den Rädern, trotz ihrer festen Verbindung mit denselben, um jede beliebige vertikale Achse konzentrische Kreise beschreiben kann. Um demnach auch bei drei- und vierräderigen Fuhrwerken diese Lenkbarkeit zu gewinnen, ist nur eine Einrichtung erforderlich, welche den Rädern eine solche möglichst selbständige Einstellung gewährt, dass sie sich um die vertikale Wendeachse im Kreise bewegen können. Zu dem Zwecke genügt bei dreiräderigen Fuhrwerken die Anbringung des dritten Rades an einer drehbaren vertikalen Achse (Spannagel, Reibnagel). Bei vierräderigen Fuhrwerken sind in der Regel zwei Räder auf einer festen und die zwei anderen (Lenkräder) auf einer gemeinschaftlichen ebenfalls um einen Spannagel drehbaren Achse oder einzeln für sich um einen Spannagel drehbar angebracht. Damit der Kasten die Drehung nicht verhindert, erhalten die Lenkräder eine solche Stellung und solche Durchmesser, dass sie bei keiner Wendung mit dem Kasten in Berührung kommen, indem sie entweder unter den Kasten treten oder genügend weit vorstehen.

Der Lastträger ist entweder eine einfache Platte (Plateau-Karren) oder eine Platte mit Vorderwand, mit Vor- und Hinterwand oder mit Vorder-, Hinter- und Seitenwand. Oft dient zur Aufnahme der Last ein geschlossener Kasten aus Holz, Blech, Korbgeflecht oder ein rahmenartiger Aufbau, z. B. zum Tragen eines Kippkessels, eines Papier- oder Gewebeballens, eines bewickelten Kettenbaumes (für den Webstuhl), der sich der Form des Transportstückes anschliesst, oder eine Mulde. — Das Entleeren der Karren und Wagen beim Transportiren von Sammelkörpern (Kohle, Koks, Sand, Kies u. dergl.) erfolgt entweder durch Kippen oder unter Wegnahme einer Wand durch Umklappen derselben, oft in Verbindung mit einer Kippung. Da die letztere Anordnung eine schnelle Entleerung mit verhältnismässig geringer Hebung des Kastens gestattet, so verdient sie den Vorzug.

Zur Fortbewegung erhalten die drei- und vierräderigen Karren entweder Lenkstangen oder Handgriffe, für Zugtiere Deichseln oder Gabeln. — Sind diese Transportgeräthe dazu bestimmt, auf gewöhnlichen Bodenflächen fortbewegt zu werden, so bleibt der Radkranz cylindrisch. In diesem Fall ist die Bewegung nicht an bestimmte Wege gebunden. Ist dahingegen die Bewegung auf Schienengeleisen vorgesehen, so müssen die Räder demgemäss sog. Spurkränze erhalten, welche sie vor Entgleisung schützen.

Als Vorbild eines dreiräderigen, eisernen Handkarrens kann der in Fig. 630 dargestellte gelten. Der Kasten ist aus zwei Winkeleisen a a gebildet, die mit Querstangen b b und Handgriffen h h passend verbunden und inwendig mit aufgeschraubten Holzleisten c c bekleidet sind. Zwei Achsträger d d nehmen die Achse i i der Räder r r auf, während das Rad s mit einer Gabel g frei drehbar von dem Spannagel n aufgenommen wird. Zur Hervorbringung der freien Drehbarkeit ist, wie die Figur erkennen lässt, erforderlich, dass die Achse x des Spannagels seitwärts von der

Achse des Lenkrades s liegt, damit letzteres zum Zwecke der Selbsteinstellung beim Wenden um die Achse x einen Kreis beschreiben kann.

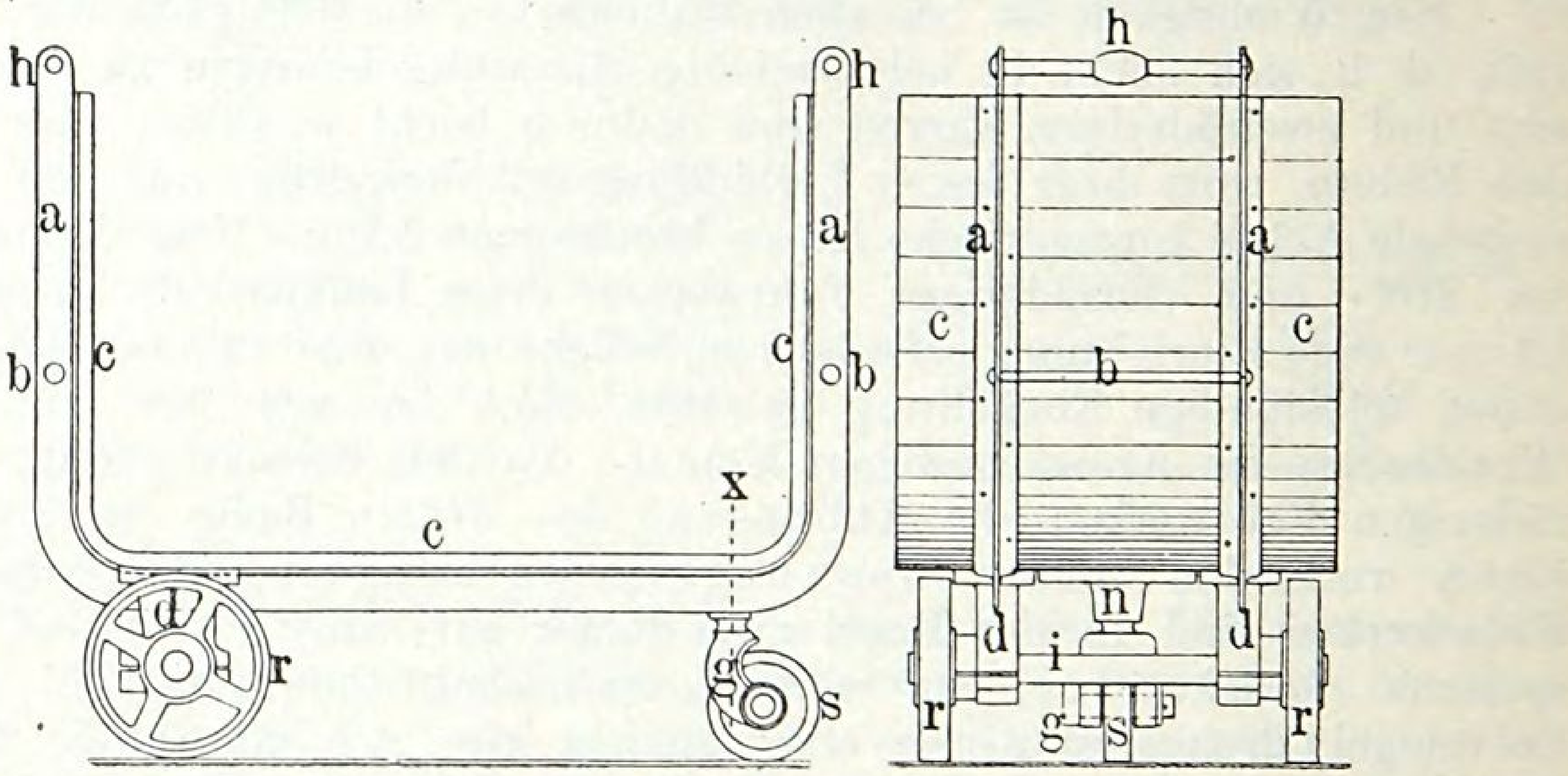


Fig. 630.

Ein sehr viel verwendeter, vierräderiger Karren geht aus Fig. 631 hervor. Die ebene Plattform p besteht aus schmalen Holzbrettern, die durch zwei Eisenschienen a a zusammengehalten werden. An diesen Schienen befinden sich bei b eiserne Stützen angenietet zur Aufnahme der Hinterachse mit den Hinterrädern r r. An dem vorderen Teile des Wagens befindet sich ein eisernes Kreuz n, welches den Spannagel trägt, unter dem eine runde Scheibe befestigt ist, welche mit einer zweiten runden Scheibe korrespondirt, von der die Achsschenkel ausgehen, welche die Vorderräder s s aufnehmen. Diese beiden aufeinander liegenden Platten dienen als sog. Lenkschemel zur Stützung der Vorderachse beim Wenden. Die untere dieser Platten läuft nach vorn S-förmig aus, um die Zugstange h i einzuhängen, welche dadurch zugleich befähigt wird, die Vorderachse um den Spannagel zu drehen, wobei die Vorderräder vollständig unter die Platte p treten können.

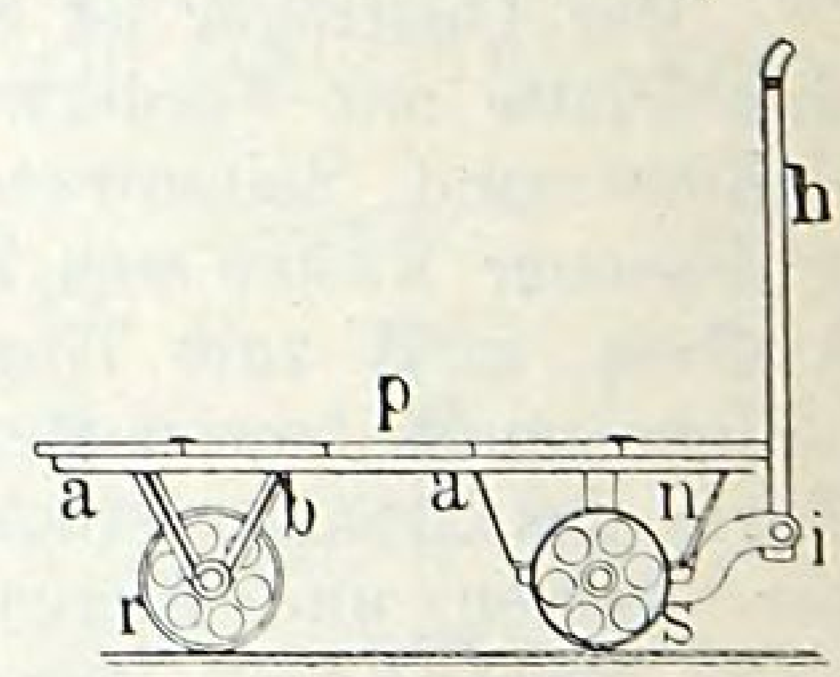


Fig. 631.

Bei dem vierräderigen Karren Fig. 632 ist eine andere Anordnung der Räder vorgeführt, indem die Hauptachse mit den zwei Rädern r an

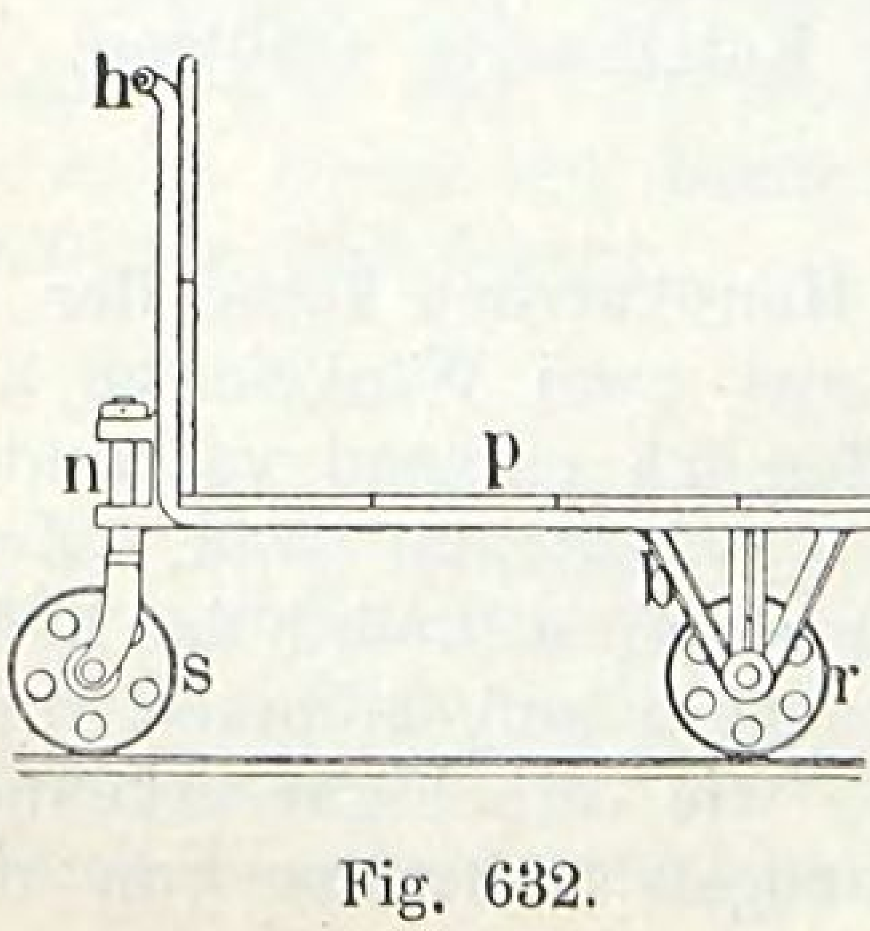


Fig. 632.

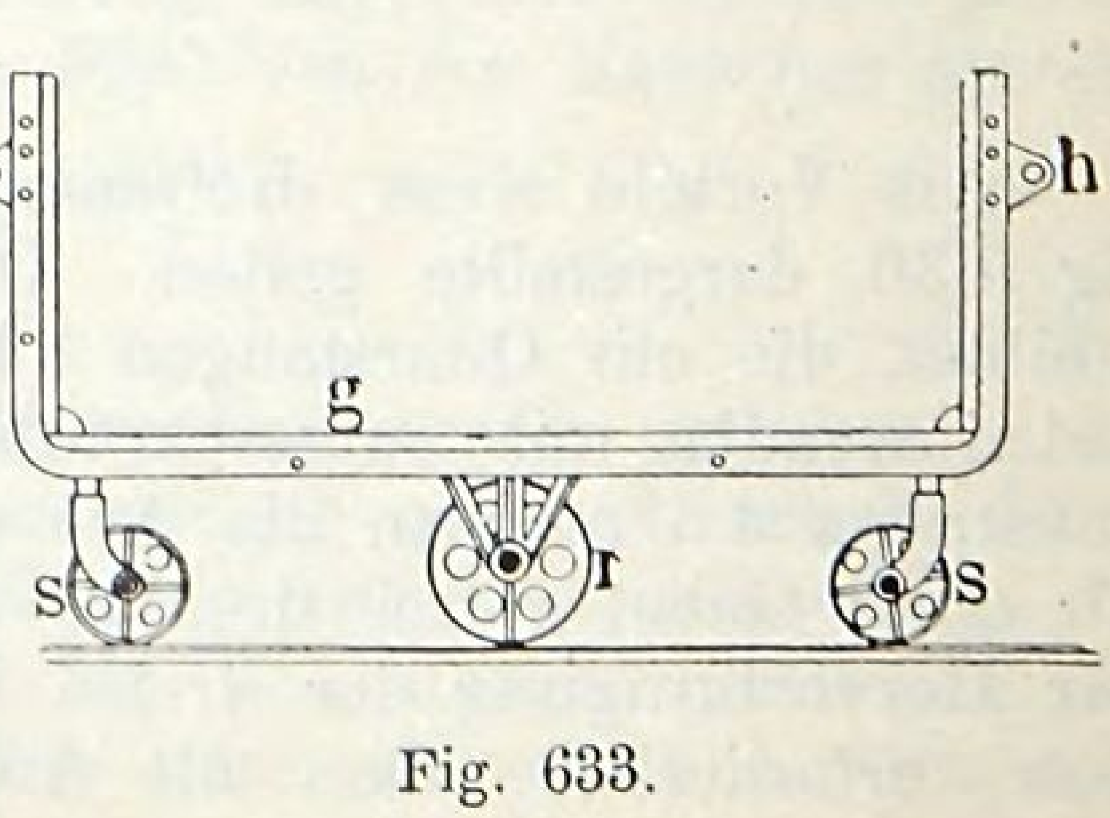


Fig. 633.

dem einen Ende des Gestells ihre Lagerung in den festen Stützen b findet, während die Räder s einzeln um Spannagel n drehbar am anderen Ende des Gestells unter dem Handgriffe h untergebracht sind.

Eine noch andere Verteilung der vier Räder geht aus Fig. 633 hervor. Die Hauptachse mit den Rädern r dreht sich mit ihren Endzapfen in festen Stützen unter der Mitte des Gestells g. Die Lenkräder ss sind, ebenfalls einzeln um Spannagel n drehbar, an den Enden des Gestells unter den Handgriffen h, h angebracht.

Der verhältnismässig grosse Widerstand, den das Fuhrwerk auf gewöhnlichen Strassen findet, war Veranlassung, bei allen Anlagen, welche einer unausgesetzten horizontalen Förderung von Lasten bedürfen, z. B. innerhalb der Fabriken und grösserer industriellen Anlagen etc., möglichst ebene Bahnen aus Holz, Steinplatten, Zement etc. herzustellen, die auch da, wo es sich nicht um Bewegung schwerer Lasten handelt, deshalb den Vorzug verdienen, weil die Bewegung der Fuhrwerke ungehindert nach allen Richtungen stattfinden kann. Beim Transport grosser Massen verzichtet man dahingegen sehr oft auf diesen Vorteil, indem man zum Laufen der Fuhrwerke bestimmte schmale isolirte Radbahnen zur Unterlage wählt, deren glatte Oberfläche die Überwindung der Widerstände wesentlich erleichtert. Der geringeren Abnutzung wegen dienen nunmehr zu solchen Radbahnen fast ausschliesslich eiserne Schienen, die in bestimmtem Abstande (Spurweite) von einander auf dem Fussboden befestigt werden und das sog. Geleise bilden. Damit die Fuhrwerksräder stets auf diesen Gleisen bleiben, ist es notwendig, dieselben mit vorspringenden Rändern (Spurkranz) zu versehen, die sich seitwärts gegen die Schienen legen und den Radkränzen einen winkel- oder u-förmigen Querschnitt verleihen. Die auf Gleisen laufenden Fuhrwerke sind, zur Vermeidung einer dritten Schiene, stets paarweise mit Rädern ausgestattet, worunter vierräderige die Regel bilden, so dass die oben (Fig. 631 und 632) beschriebenen nur mit Spurkranzrädern versehen zu sein brauchen, um als hierher gehörende Beispiele zu gelten.

Die zum Materialtransport bestimmten, auf Schienen laufenden Wagen heissen im Bergwerk- und Hüttenwesen gewöhnlich Hunde, sonst nach dem zu fördernden Material: Sand-, Kies-, Erd-, Kohlen-, Koks-, Schlacken-Rüben- etc. Wagen und sind vielfach der Beschaffenheit des Materials angepasst, z. B. zum Beladen mit Ziegeln, Torfsoden u. dergl. Zum Schutz gegen atmosphärische Niederschläge bedeckt man sie entweder mit einem festen Dach, zweckmässig aus Zinkwellblech (Plan) oder man legt ein sog. Plantuch über das Material. Um die Wagen bei schnellem Lauf, z. B. auf etwas abfallenden Bahnen, aufzuhalten, erhalten sie im Bedürfnisfall Bremsen und zwar gewöhnlich Backenbremsen (S. 70), die durch Schrauben angezogen werden.

Zur Erleichterung des Entladens trifft man die Einrichtung der wegnehmbaren, oft um Scharniere drehbaren Seitenteile oder man richtet die Wagen zum Kippen ein (Kippwagen) und unterscheidet dann Vor- oder End- und Seitenkipper, je nachdem die Achse, um welche das Kippen stattfindet, senkrecht oder parallel der Wagenachse liegt. Im ersten Fall erfolgt die Entleerung an der Stirnseite, im anderen Fall an der Längsseite des Wagens. Zum Zwecke des Kippens erhält der Wagenkasten oder

die Mulde entweder besondere Drehachsen oder es wird vielfach die Einrichtung getroffen, dass derselbe sich bis zu einen gewissen Ausschlagwinkel auf der Unterlage wälzen kann. — Das Kippen wird in der Regel durch Menschenhand, selten mit mechanischen Vorrichtungen, neuerdings vereinzelt durch Pressluft bewirkt.

Einen vielverwendeten Seitenkipper (Natsch) vergegenwärtigt die Fig. 634. Auf zwei mit den Rädern r r versehenen Achsen x liegt ein länglich viereckiger Rahmen R aus ⊐-Eisen, mit den Stützen b b von den Achszapfen getragen. Auf jedem Ende dieses Rahmens erhebt sich ein eiserner, bügelartiger Träger c c zur Aufnahme der Mulde M, welche mit zwei angenieteten Winkeleisen e auf diesen Trägern ruht und vermittelst eines kurzen Dornes zentrirt wird, der durch ein Loch des Winkeleisens hindurchtritt. Zum Festhalten der Mulde M dienen die zwei Überwürfe 1 und 2, welche mit unten angebogenen Haken in Ösen i i greifen, und somit leicht beweglich sind. Diese Überwürfe besitzen schleifenartige Schlitze, mit welchen sie auf Bolzen gelegt werden, die am Ende der Winkeleisen e befestigt sind. An Ketten hängende Vorsteckstifte verhindern das Abrutschen der Überwürfe. Zum Auskippen der Mulde ist nur nötig, den einen der beiden Überwürfe, z. B. 1, nach Wegnahme des Vorsteckstiftes von dem Zapfen zu entfernen. Indem dann beim Kippen nach rechts der Überwurf 2 unverändert liegen bleibt, gleitet der Zapfen in dessen Schlitz abwärts und verhindert das Überschlagen der Mulde. Gleichzeitig begrenzt der Schlitz die Bewegung nach links und macht das Überschlagen der Mulde nach der Seite unmöglich, an welcher der bedienende Arbeiter sich befindet. Infolge der um etwa 45° stattfindenden wiegenden Bewegung der Mulde geht das Kippen leicht von statten.

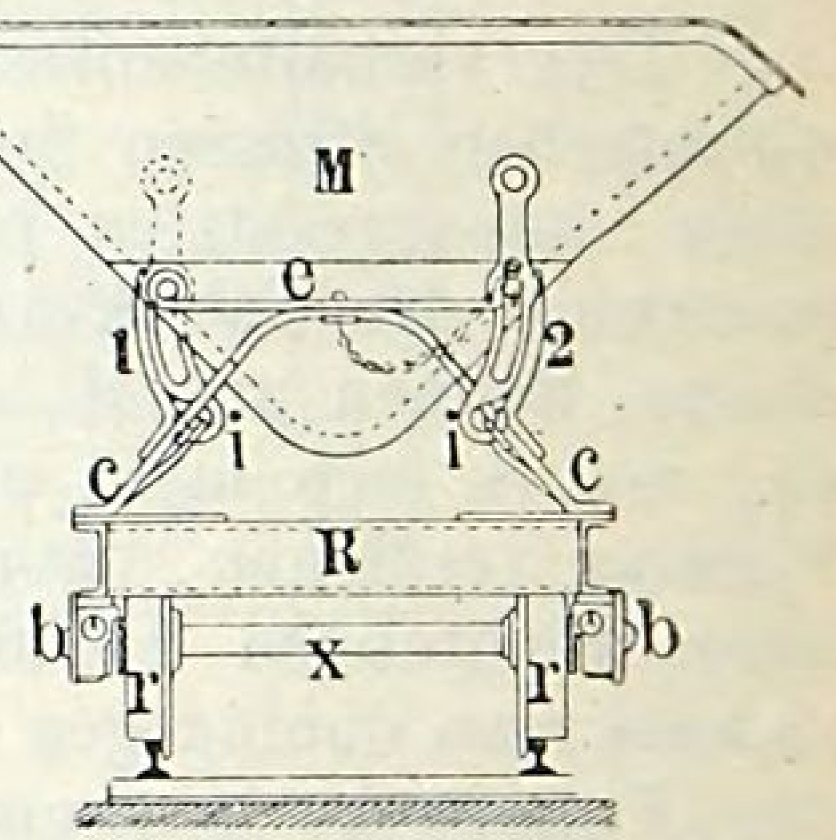


Fig. 634.

Die Fig. 635 stellt einen grösseren Seitenkipper dar, der sowohl mit der Hand, als mit Pressluft gekippt werden kann. Der Rahmen R ruht mit den Stützen b auf den Zapfen der Radachsen x x. Auf der Mitte des Rahmens R liegen zwei parallele Balken zur Aufnahme der einfachen Lager L, welche mit gleichen Lagern an dem Kasten K Scharnierverbindungen bilden, mit deren Hilfe sich der Kasten um die horizontale Längsachse nach beiden Seiten hin um einen Winkel von etwa 35° kippen lässt. Die Seitenwände S, S des Kastens sind pendelartig an Bolzen y, y aufgehängt, werden durch die Klauen z, z festgehalten und freigegeben durch einen Druck auf die Hebel i i; bei der Rückbewegung des Kastens in die horizontale Lage schnappen die Klauen z ohne weiteres durch das Anschlagen der Wände wieder ein. Ein bei B sichtbarer, bogenförmiger Bügel dient mit seiner unteren Ausbiegung zum Festhalten des Kastens in der horizontalen Ruhelage. Das Kippen ist in einfachster Weise durch die Hand zu bewerkstelligen. Ausserdem ist zu dem Zwecke der mit C bezeichnete Apparat angebracht, der an einen Druckluftbehälter angeschlossen ist. Derselbe besteht aus einem Cylinder C, in dem sich ein Kolben k

nach Art des Tauchkolbens Fig. 188 S. 128 mit schwingender Kolbenstange l bewegt, die unter dem Kasten K befestigt ist. Bei der wagrechten Lage des Kastens befindet sich der Kolben in der Mitte des Cylinders. Wird daher mit Hilfe einer passenden Steuerung Druckluft in den unteren Raum des Cylinders C eingelassen, so hebt sich der Kolben und kippt den Kasten in die gezeichnete Lage nach rechts. Tritt dahingegen die Druckluft in den oberen Cylinderraum, so erfolgt das Kippen in die punktirte Lage nach links. Bevor das Kippen stattfinden kann, ist jedoch der Bügel B auszulösen. Um dieses zu ermöglichen, wird derselbe nicht durch einen festen Bolzen, sondern durch eine Fallklinke n (Nebenfigur) gehalten, welche mittels Hebel m und Stange q ebenfalls von einem Druckluftcylinder aus gehoben wird. Zur Milderung des Stosses bei der Rückbewegung des Kastens sind zwei starke Spiralfedern f, f auf dem Rahmen angebracht. Diese Kippwagen haben in erster Linie die Bestimmung, Erde, Kies, Erz u. dergl. auf Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb zu transportiren, weil zugleich auf den Lokomotiven leicht, nach Vorbild der Einrichtung für Luftdruckbremsen (z. B. nach Westinghouse), Luftkompressoren aufgestellt und in Thätigkeit gesetzt werden können. Eine solche Anlage gewährt den Vorteil, dass sämtliche Kippwagen des ganzen Eisenbahnzuges gleichzeitig zu kippen sind.

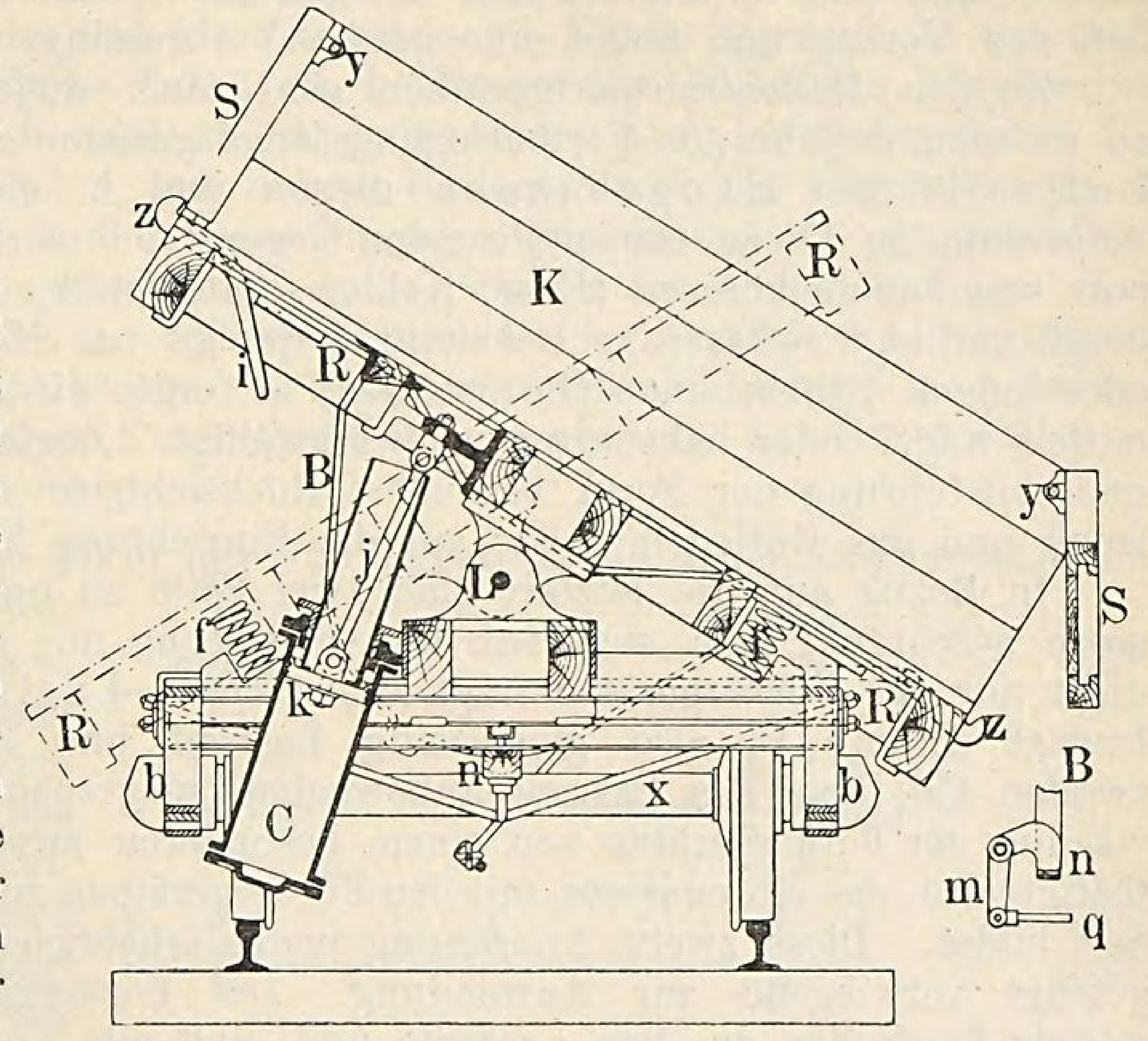


Fig. 635.

In sehr vielen Anlagen hat sich zur Bewegung der Räderfuhrwerke der Seilbetrieb als besonders günstig erwiesen. Man versteht darunter eine Anordnung, vermöge welcher die Fuhrwerke an ein Seil gekuppelt werden, das von einer Kraftmaschine parallel der Bahn eine Bewegung erhält. Dabei kann man entweder ein Seil anwenden, das abwechselnd von einer Seiltrommel auf- oder abgerollt wird und die Förderung auf einer Bahn bewerkstelligt, oder man benutzt ein Seil, das um eine vertikale, drehbare Trommel läuft und an beiden Enden einen Förderwagen aufnimmt, so dass infolge einer abwechselnden Drehung der Trommel stets zwei Förderwagen auf zwei parallelen Gleisen in entgegengesetzter Richtung sich bewegen, oder man verwendet ein um zwei horizontale Scheiben gespanntes endloses Seil, welches sich unausgesetzt nach einer Richtung bewegt und an jeder Stelle durch Kupplung Fahrgeräthe aufnehmen kann.

Da diese letzte Anordnung die vorhergenannten wesentlich deshalb in der Leistung übertrifft, weil der Betrieb mit einer beliebig grossen Anzahl von Fuhrwerken und ununterbrochen erfolgen kann, so verdient sie unzweifelhaft den Vorzug und findet eine grosse Verbreitung.

Zu den Rollentransportgeräthen sind auch diejenigen Vorrichtungen zu rechnen, welche zur Fortbewegung längs gespannter Seile auf den sog. Luftseil- oder Hängebahnen dienen und in mehrfachen Formen in Anpassung an die zu transportirenden Gegenstände vorkommen. Der Transport von Sammelkörpern (Erze, Kohlen, Sand etc.), sowie von Thon und dergl. verlangt gefässartige Behälter; derjenige von Holzstücken (Stämmen) oder langen Bruchsteinen (Bordsteinen) u. dergl. wird am zweckmässigsten mittels bügel- oder hakenartiger bewerkstelligt. Zugleich ist bei der Wahl und Ausführung der Form besonders Rücksicht zu nehmen auf das Beladen und das Entladen, sowie auf die Einrichtung für die Fortbewegung.

In Bezug auf die letztere sind zwei Fälle zu unterscheiden. In dem einen beschränkt man sich auf die Anwendung nur eines Seiles, welches nicht nur die Fördergeräthe trägt (Tragseil, Lastseil), sondern auch bewegt (Zugseil) also gleichzeitig Lastseil und Zugseil ist. In dem zweiten Fall liegt das Lastseil unbeweglich ausgespannt, während die Bewegung der Fördergeräthe von einem besonderen zweiten Zugseile aus bethätigt wird, das ein endloses, mit den Fördergeräthen zusammenzukuppelndes Seil bildet. Diese zweite Anordnung bietet erhebliche Betriebsvorteile und gelangt vorwiegend zur Anwendung. Die Fördergeräthe hängen dabei mittels Laufrollen an dem Lastseile und sind mit Vorrichtungen versehen, welche an jeder Stelle ein leichtes und sicheres Ein- und Auskuppeln mit dem Zugseile und ein Kippen zum Entleeren gestatten.

Die grundlegende Anordnung und Form eines solchen Fördergeräthes (Förderwagen; Bleichert) geht aus Fig. 636 und 637 hervor. Ein

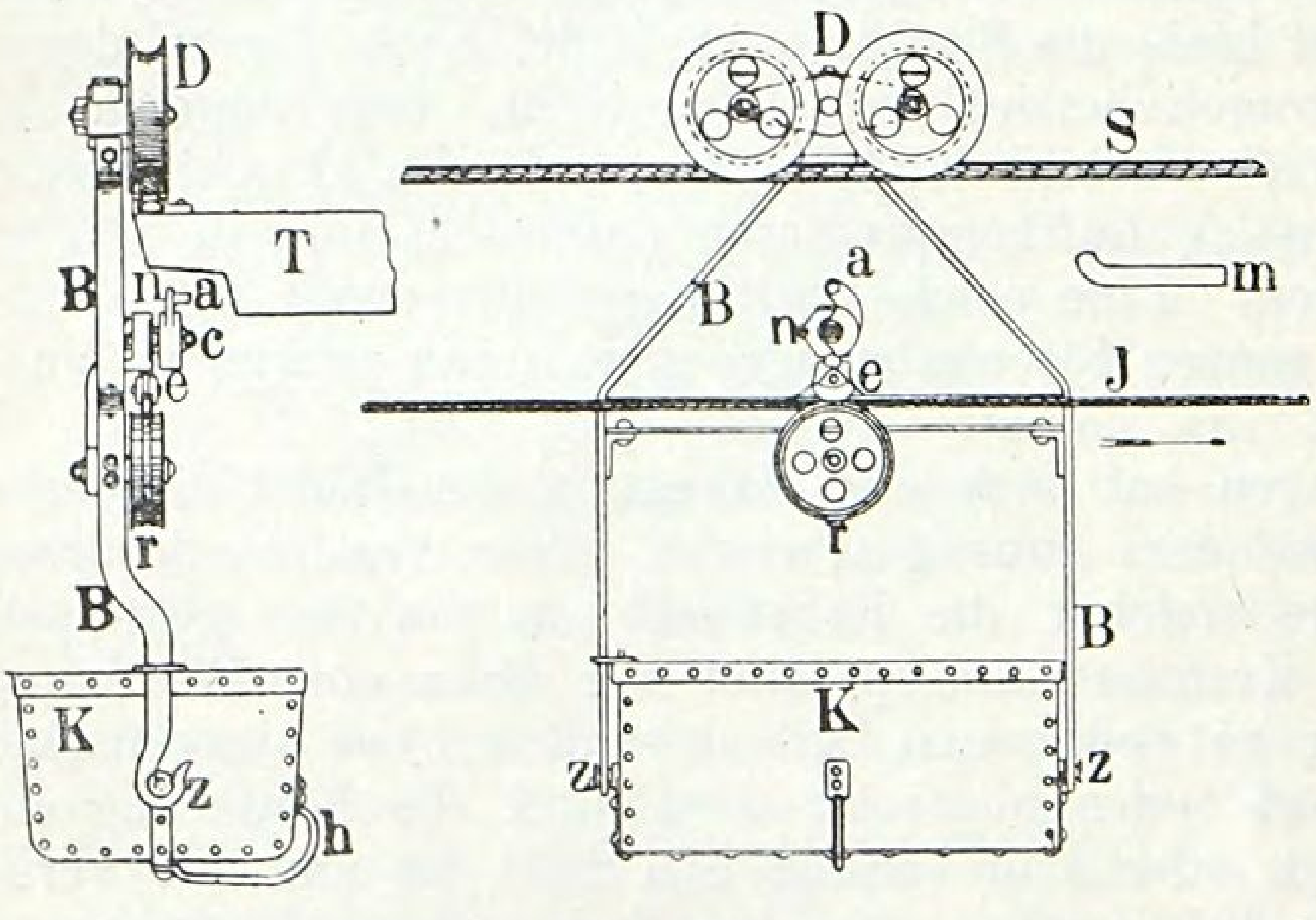


Fig. 636.

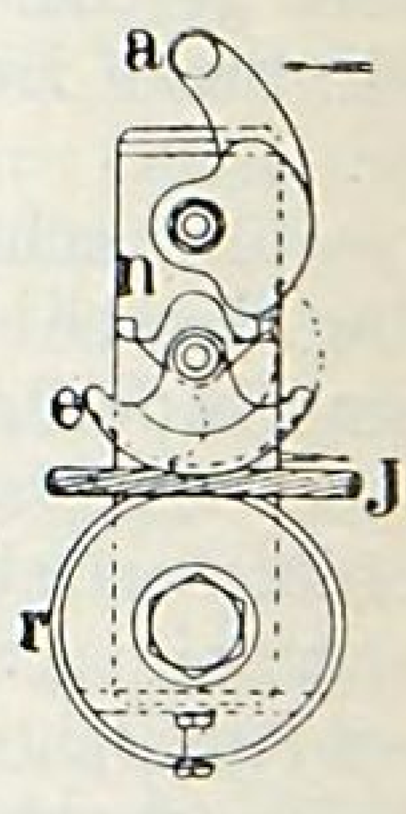


Fig. 637.

aus Eisen- oder Stahlblech oder Gusseisen hergestellter Kasten K ist mit zwei Zapfen z z in einen Bügel B B gehängt, der bei D ein Rollenpaar aufnimmt, welches von dem Lastseile S getragen wird. Zwischen den Bügelschenkeln befindet sich die Vorrichtung zum Ankuppeln. Dieselbe

besteht aus einer mit umlaufender Rolle versehenen Rolle r, auf welcher das Zugseil J J ruht, und einer Klemmvorrichtung bei a c e. Es bezeichnet e ein exzentrisch geformtes Segmentstück, dessen äusserer Rand ebenfalls ausgekehlt ist, um das Seil zu umschliessen. Dieses Segment ist um einen Zapfen drehbar und kann durch ein im Innern des Gehäuses n angebrachtes Exzenter vertikal auf- und abbewegt werden. Auf der Achse dieses Exzenters sitzt ein Hebel a, mit dessen Umlegen man das Segment e in die tiefste Lage bringen und auf das Zugseil aufdrücken kann, so dass dieses um so kräftiger eingeklemmt wird, je stärker der Zug sein muss. Zum selbstthätigen Auslösen ist an der Haltestelle ein Ausrücker m angebracht, gegen dessen geneigte Fläche der Hebel a stösst, sich umlegt und dadurch ein Drehen des inneren Exzenters, also ein Abheben des Exzenters e von dem Zugseile hervorbringt.

Die gewöhnliche Form des Fördergeräthes für lange Gegenstände umfasst (Fig. 638) zwei mit je einem Tragrollenpaar D versehenen Bügel B, B, die derart umgebogen sind, dass das Arbeitsstück A leicht aufgelegt und abgenommen werden kann. Es genügt zur Ankupplung an das Zugseil J eine Kupplung.

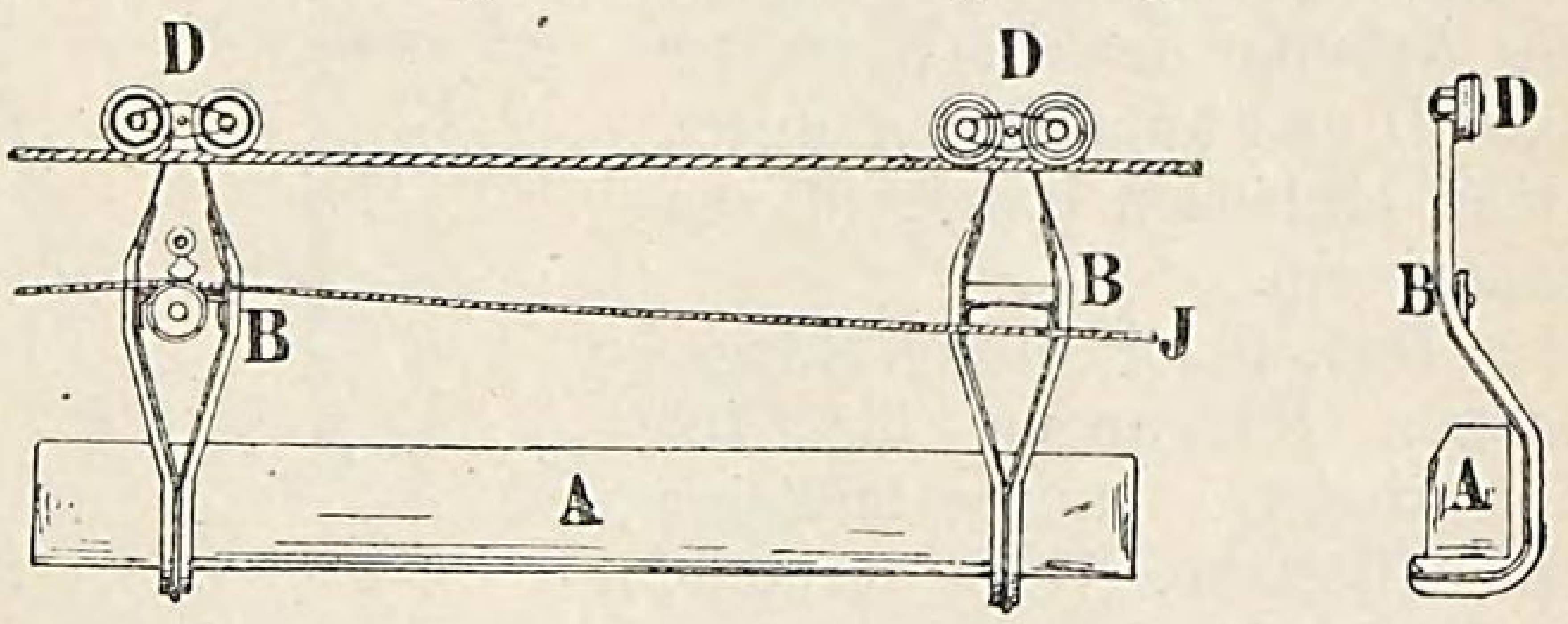
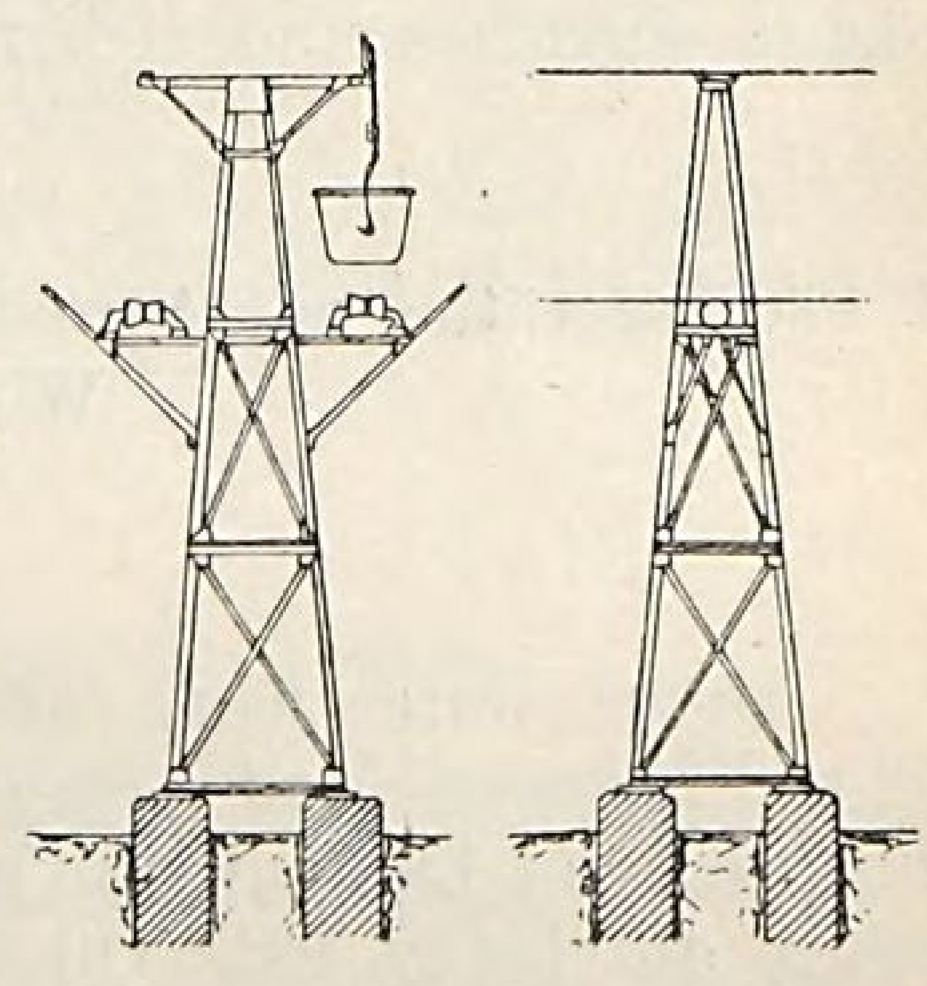


Fig. 638.

Bezüglich der Seilbahnanlage ist zu bemerken, dass in der Regel zwei parallel nebeneinander liegende Lastseile von 20 bis 40 *mm* Stärke zur Anwendung gelangen, die mit angehängten Gewichten ihre Spannung und in Abständen von 20 bis 40 *m* eine Auflagerung erhalten, wie aus Fig. 639 ohne weiteres zu erkennen ist. Die unter den Lastseilen herlaufenden Zugseile von 13 bis 18 *mm* Stärke finden an denselben Säulen Unterstützungen auf langen Rollen und werden an den Bahnenden über zwei horizontale Scheiben von 1,75 bis 2,0 *m* Durchmesser geführt, wovon die eine, in einer Schlitzführung verschiebbar, mittels eines passend angebrachten Gewichtes dem Seile die erforderliche Spannung giebt. Die zweite Scheibe erhält von einer Kraftmaschine aus durch ein Vorgelege den Antrieb. Die einzelnen Wagen folgen sich in Abständen von etwa 40 bis 50 *m* mit einer Zugseilgeschwindigkeit von etwa 1,5 *m* in der Sekunde.


Fig. 639.

Die Überführung der Fördergefässe von einem Lastseile auf das andere zum Zwecke der Umkehrung vermitteln an den Endstationen besondere Flachschienen mit halbrund gewalztem Kopf, die Schlussweichen genannt werden.

Dieselben schliessen sich (Fig. 640) unter beliebigen Winkeln an das Lastseil S S bei A und D an und bilden längere Strecken B C, längs welcher

die Einladung und Ausladung vorgenommen wird. Zur Einladung bedient man sich vielfach der Fülltrichter. Die Ausladung erfolgt dahingegen durch Kippen der Fördergefässe, wenn Sammelkörper transportirt werden und zwar in sogenannten Rutschen R, die das Fördermaterial direkt in untergestellte Wagen, Schiffe etc. schaffen. Sobald ein Fördergefäss auf einer Station, z. B. A anlangt, entkuppelt sich dasselbe selbstthätig mittels einer Ausrückvorrichtung und wird darauf von einem Arbeiter längs der Weichen fortbewegt. Nach der Entleerung schiebt der Arbeiter denselben wieder nach D und kuppelt ihn durch einen einfachen Handgriff von neuem ein.

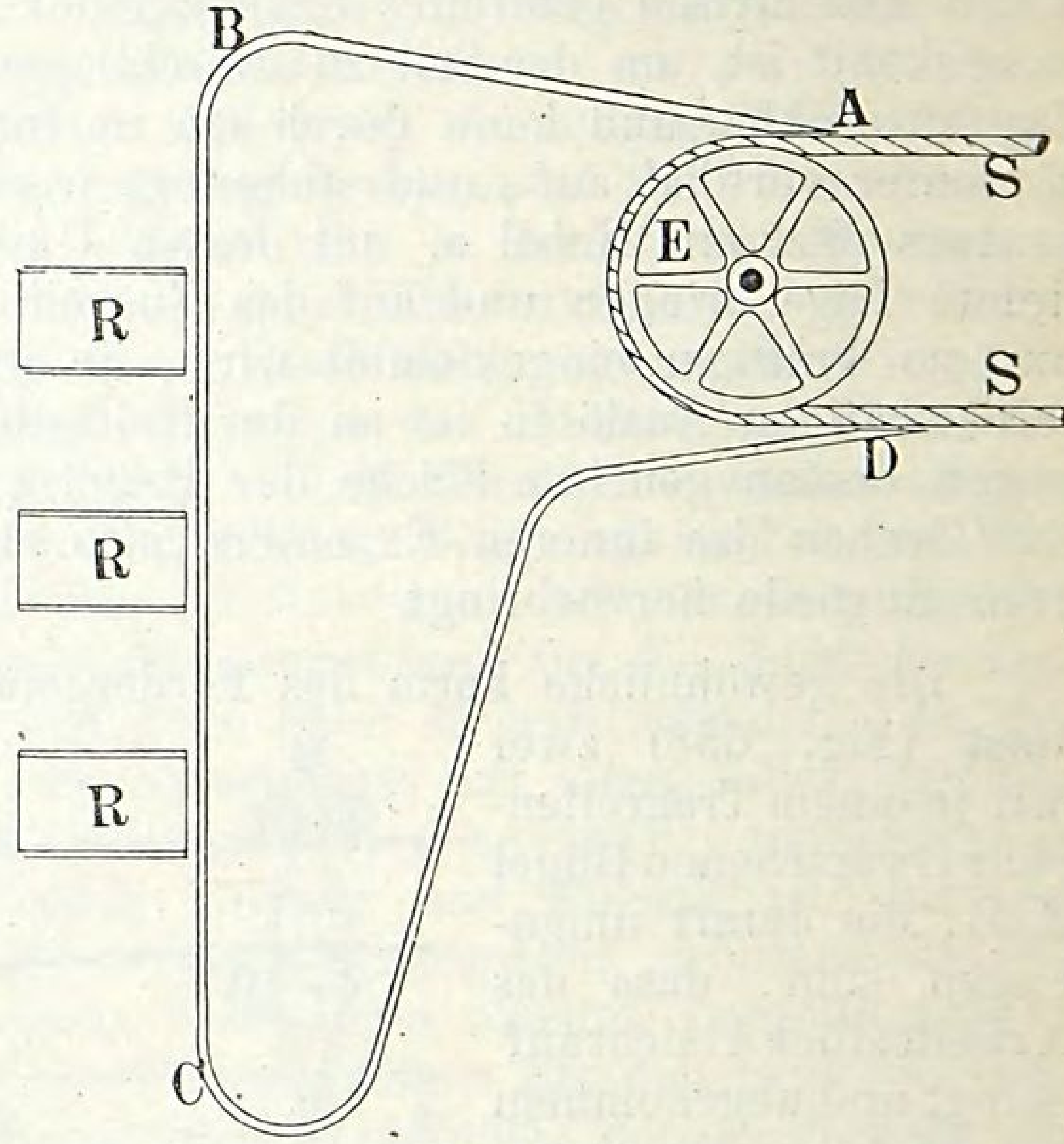


Fig. 640.

Da man mit diesen Hängebahnen Steigungen bis 75° überwinden, unregelmässige Bodenflächen, Wasserläufe, Thäler, Gebäude, Wege überschreiten kann, so bilden sie unter den verschiedensten Verhältnissen ein höchst einfaches und sicheres Transportmittel.

C. Fördergeräthe mit Anwendung eines Förderbandes, einer Schnecke, einer Wippe und eines Ventilators.

1. Förderband.

Unter Förderband oder Transportband versteht man ein horizontal über Führungs- und Antriebsrollen gespanntes endloses Band aus starkem, entsprechend breitem Hanfgewebe, das zum Schutz gegen Nässe mit Kautschuk durchsetzt ist. Oft besteht das Band aus Ketten, namentlich Stotzschen (Fig. 112 IV S. 63), die auf der Oberfläche mit Leinen etc. bespannt sind. Indem sich dieses endlose Band unausgesetzt nach einer Richtung bewegt, transportirt dasselbe aufgelegte Gegenstände in der Bewegungsrichtung von der Aufgabe- bis zur Abwurfstelle. Sind diese Stellen in bestimmtem, gleichbleibendem Abstande von einander angebracht, so befindet sich an der Aufgabestelle gewöhnlich ein Trichter, während das Abwerfen bei der Wendung des Bandes über die Endspannwalze ohne weiteres in eine Gosse vor sich geht. — Vollkommener ist die Einrichtung, wenn die genannten Stellen zwischen beiden Endwalzen beliebig gewählt werden können, was sich dadurch erreichen lässt, dass der Aufgebetrichter und die Abwurfstelle verlegbar eingerichtet werden. Zur Verlegung der Abwurfstelle ordnet man gewöhnlich auf einem Wagen W (Fig. 641) zwei vertikal über einander liegende Walzen F und E an, welche von dem

Bande B in der Weise umspannt werden, dass das letztere allmählich aufsteigt und das Fördergut in die Gosse G wirft, die ebenfalls auf dem Wagen

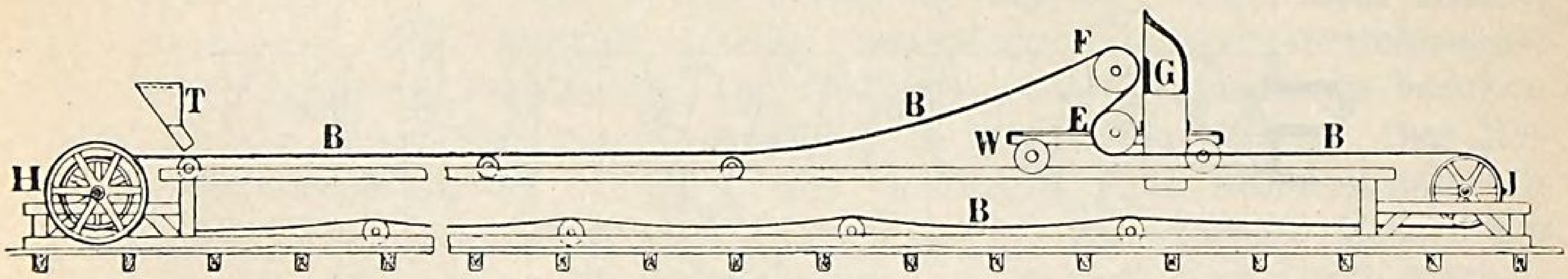


Fig. 641.

befestigt ist, der mit Walzenpaar und Gosse sich auf Schienen bewegt und nach jeder Stelle der Förderstrecke gebracht und dann festgeklemmt werden kann. In gleicher Weise versieht man den Fülltrichter mit Rollen, die auf denselben Schienen laufen.

Ist das Förderband über cylindrische Rollen mit horizontalen Achsen gespannt, so bildet die Oberfläche eine Ebene, auf welcher sich die aufgegebenen Sammelkörper mit Böschungen anordnen und infolge der mit der Bewegung unvermeidlich verbundenen Erschütterungen leicht über den Rand hinabfallen. Zur Vermeidung dieses Übelstandes ist es daher vielfach gebräuchlich, dem Bande dadurch eine muldenförmige Oberfläche zu geben, dass man es über Walzen führt, deren Durchmesser von den Endflächen nach der Mitte zu allmählich abnehmen, oder die R R (Fig. 642) geteilt und geneigt gelagert sind und dadurch die Kanten des Bandes B aufwärts biegen und stützen.



Fig. 642.

2. Förderschraube, Transportschnecke.

In derselben Weise, in welcher eine drehende, aber an der Längsbewegung verhinderte Schraube die an der Drehung verhinderte Mutter längs der Spindelachse verschiebt, lässt sich mittels einer solchen Schraube ein Gegenstand in der Achsenrichtung bewegen, wenn man die Schraube mit einem Hohlcylinder (Gehäuse) umschliesst. Auf diesem Gedanken beruhen die Förderschrauben oder Transportschnecken, welche ihrer Einfachheit und guten Wirkung halber namentlich zur Horizontalförderung von Sammelkörpern (Mehl, Malz, Getreide etc.), sowohl in trockenem als feuchtem Zustande, ein sehr viel gebrauchtes Transportmittel bilden, das vielfach nach dem Fördergut, z. B. Mehlschraube, Malzschraube u. s. f., benannt wird.

Im wesentlichen besteht eine Förderschraube (Fig. 643) aus einer Welle oder Spindel x x, welche auf der Oberfläche ein Schraubengewinde i i trägt, das eine sehr geringe Dicke, also Gangbreite, aber eine sehr grosse Gangtiefe t besitzt, so dass zwischen den einzelnen ein bedeutender Raum

frei bleibt. Zur Erzielung dieser Verhältnisse wird das Gewinde in der Regel aus Eisenblech oder dünnen Holzplatten, in Fällen, wo grössere

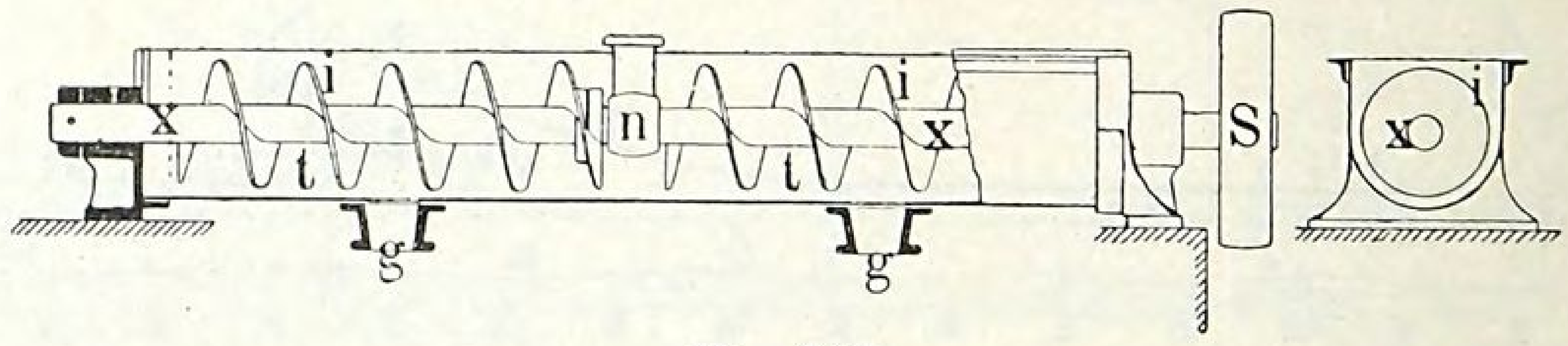


Fig. 643.

Widerstände zu überwinden sind, aus Gusseisen hergestellt. Der Abstand der einzelnen Gänge von einander, die Ganghöhe s, hängt von der Beschaffenheit des Fördergutes und der Schraubenflächen, sowie von der Geschwindigkeit ab, und wird nach dem Durchmesser D in *m* bemessen, indem s = 0,5 bis 1,0 D, im Durchschnitte also s = 0,75 D gemacht wird. Die Anzahl der Umdrehungen u in der Minute bestimmt sich dann aus der Formel:

$$u = \frac{45}{\sqrt{D}}.$$

Die Welle x x findet gewöhnlich an beiden Enden, und nur, wenn sie so lang ist, dass erhebliche Durchbiegungen zu befürchten sind, an Zwischenstellen n mittels Zapfen Lagerung. Der Antrieb derselben erfolgt durch eine Riemenscheibe S oder durch Zahnräder. — Da das Fördergut sich infolge seines Gewichtes auf den Boden des Gehäuses (Trog) legt, so genügt es in der Regel, die untere Hälfte des letzteren cylindrisch zu gestalten und durch Auflegen eines flachen Deckels dem Verstauben vorzubeugen. — Eine besondere Anordnung der Förderschraube besteht darin, dass das Gewinde nur aus einer Flacheisenschiene gebildet wird, welche durch radiale Arme mit der Welle verbunden ist (Kreiss).

Die Förderschraube hat den Vorteil, dass sie an jeder Stelle das Fördergut aufnehmen und ebenfalls an jeder Stelle abgeben kann, indem für diese Auf- und Abgabe nur erforderlich ist, an den passend erscheinenden Stellen des Trogdeckels und des Trogbodens Aufschüttetrichter und Ablaufgossen gg anzubringen.

3. Förderrinne.

Wird eine horizontale Rinne A A (Fig. 644) in der Längsrichtung stossartig hin- und herbewegt und dabei mittels schräg gestellter Lenker e, e

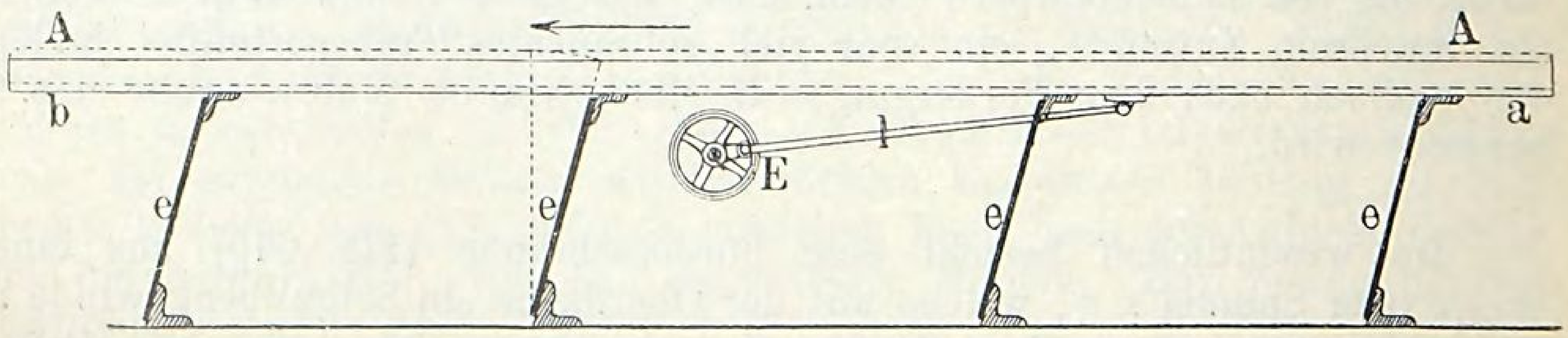


Fig. 644.

nach einer Richtung etwas gehoben und darauf nach der anderen Richtung wieder gesenkt, so unterliegt ein in dieser Rinne liegender Körper einer Art Wurfbewegung in der Pfeilrichtung und gelangt infolgedessen allmählich von a nach b, um bei b abgeworfen zu werden. Unter dem Namen Förderrinne oder Wippe werden neuerdings Transportvorrichtungen (Kreiss) hergestellt, welche auf dem erklärten Bewegungsprinzip beruhen und sich zur Förderung von Sammelkörpern geeignet erweisen. Der Materialträger derselben ist entweder und gewöhnlich eine offene Rinne, in einzelnen Fällen ein geschlossenes Rohr, und wird auf schrägen Federn e, e befestigt (gestützt oder, z. B. unter Decken, aufgehängt) und durch Kurbel- oder Exzenterantrieb E mittels Schubstange l in Schwingungen gesetzt. Das Fördergut bewegt sich infolge des eigenartigen Fortrückens in den Rinnen oder Röhren mit grosser Schonung, so dass sich selbst leicht verletzbare Gegenstände gefahrlos fördern lassen, weil die Reibung der Fördergutteile unter einander sehr klein ist. Auch die Förderrinne lässt sich an jeder Stelle für den Einlauf und Auslauf einrichten, da für den ersteren die Anbringung eines Fülltrichters, für den letzteren eine Öffnung in dem Rinnenboden genügt, die im Nichtgebrauchsfall durch eine Klappe oder einen Schieber geschlossen gehalten wird.

4. Pneumatische Förderung.

Wird in einem Rohre oder verschlossenen Kanal mit Hilfe eines Ventilators ein Luftstrom hervorgebracht, so gerathen in demselben unter Umständen Körper derart in Bewegung, dass sie dem Luftstrom folgen, also eine Ortsveränderung im Sinne eines Transportes erleiden. Anordnungen, welche auf diesem Grundsatze beruhen, bezeichnet man zweckmässig als pneumatische Förderungen, wobei es zunächst gleichgültig ist, ob der fördernde Luftstrom durch Luftverdichtung oder Luftverdünnung, also durch Drücken oder Saugen entsteht. Die Saugwirkung, d. h. die Anwendung von Saugwind bietet jedoch mehrere Vorteile, weshalb sie am häufigsten Anwendung findet, wenn auch oft in Verbindung mit der Anwendung von Druckluft, so dass ein Teil des Weges unter verdünnter, ein anderer Teil unter gepresster Luft zurückgelegt wird. Dieser Vorgang hat zur Voraussetzung, dass ein Ventilator das Fördergut durch die Zentralöffnung ansaugt und sodann durch den Tangentialaustritt weiter fördert, wie z. B. zur Fortschaffung von Staub bei Holzverarbeitungsmaschinen, in Spinnereien, Papierfabriken, Getreideputzereien etc.

Zum Transport auf diesem Wege eignen sich vornehmlich solche Gegenstände, die leicht vom Luftstrom erfasst und in demselben schwebend erhalten werden, also besonders faseriges und leichtes grossflächiges Material, sowie pulverige Körper, weshalb die pneumatische Förderung ihre Hauptverwendung hat in Baumwollspinnereien zum Transport der Baumwolle aus den Magazinen in die Arbeitsräume, in Papierfabriken zum gleichen Transport der Hadern, dann bei zahlreichen Anlagen zur Wegschaffung von Abfällen von Holzsäge- und Holzhobelmaschinen, beim Stäuben der Hadern, beim Reinigen der Baumwolle in den Wölfen und Schlagmaschinen u. dergl.

Die Anlage der pneumatischen Förderungen ist im Allgemeinen sehr einfach, da sie nur aus einem Transportrohr oder Kanal mit einem Ventilator, einem Aufgebetrichter und einem Auswurf besteht. Der letztere mündet

sehr oft in einen grösseren Raum, in dem die bewegte Luft zur Ruhe gelangt, um das mitgenommene Fördergut zum Absetzen auf den Boden des Raums zu veranlassen. — Ein beachtenswerter Vorteil der pneumatischen Förderung liegt darin, dass die Transportröhren beliebige Richtungsänderungen und Aufgebestellen zulassen und auch nach Maassgabe der Druckdifferenzen zwischen Innen- und Aussenluft eine vertikale Erhebung gestatten.

II. Transportwege.

Die Fortbewegung der Transportgeräthe findet entweder auf den gewöhnlichen Fahrstrassen oder auf besonderen Transportwegen statt, welche den vorhandenen Bedürfnissen und beabsichtigten Zwecken anzupassen sind. Innerhalb der Gebäude und Arbeitsplätze wird bei der Auswahl der Bepflasterung vielfach in erster Linie auf den in Rede stehenden Transport Rücksicht genommen, indem man ein Material verwendet, das eine möglichst zusammenhängende, ebene Fläche bildet. Hierzu gehören die Pflaster aus Holzbohlen, Steinplatten, Stampfbeton, Asphalt, Holzklötzen u. dergl. Solche Wege sind unentbehrlich, wenn in der Bewegung der Fuhrwerke keine bestimmte Bahn festgehalten, sondern mit denselben jeder beliebige Ort erreicht werden soll.

Liegt dahingegen die Möglichkeit und die Absicht vor, die Fortbewegung an bestimmte Bahnen zu knüpfen, so sind die sog. Gleisbahnen vorzuziehen, weil sie die kleinsten Widerstände darbieten. Nur für vorübergehenden oder sehr untergeordneten Gebrauch verwendet man als Material zu Gleisbahnen Holz und auch nur mit aufgenageltem Band- oder Winkeleisen zur Verminderung der Abnutzung. Das bei weitem vorherrschend benutzte Material ist Eisen und zwar in der Form der bekannten Schienen. Schliessen sich die Transportwege den Eisenbahngleisen an und sind sie zum Tragen schwerer Lasten bestimmt, so benutzt man zu ihrer Herstellung auch gewöhnliche Eisenbahnschienen (Fig. 635). Für die meisten Zwecke genügen die Grubenschienen von 75 *mm* Profilhöhe, welche auf hölzernen oder eisernen Schwellen befestigt werden und zwar mit Spurweiten von 0,6, 0,75 oder 1,0 *m*, mit einem Schwellenabstande von 0,75 bis 1,0 *m*. — In einzelnen Fällen verwendet man zu Gleisen ⊓-Eisen oder flach gelegte Eisenbahnschienen, welche zugleich den Transport von Fahrgeräthen mit glatten Rädern gestatten.

Besondere Teile der Gleisbahnen vermitteln den Übergang der Fuhrwerke: Weichen und Drehscheiben. Die Weichen werden gewöhnlich als einzelne Gleisstücke ausgeführt und an den gewünschten Stellen in das Gleise eingeschlossen. Die Drehscheibe besteht aus einer kreisrunden Platte A (Fig. 645), die in der Mitte auf einem Zapfen z und an dem Umfang mittels eines glatten Ringstreifens auf einer Anzahl von Rollen r aufruht und infolge dieser Auflagerung sich leicht drehen lässt. Die Oberfläche

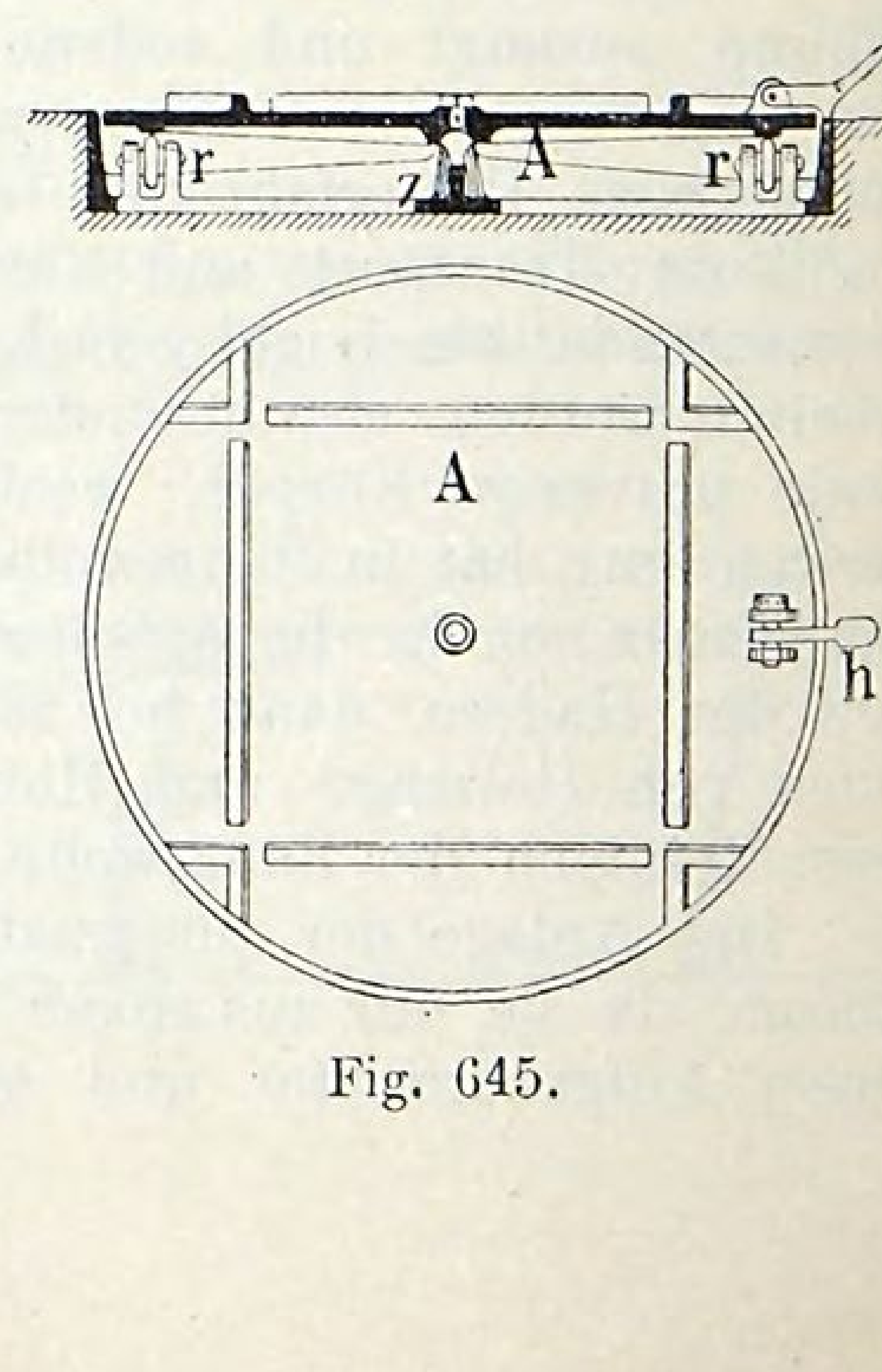


Fig. 645.

trägt eine Geleisekreuzung, wie die Figur erkennen lässt, so dass eine Vierteldrehung der Scheibe das Fahrzeug quer zu dem zuführenden Gleise bringt, das sodann durch das eingerückte andere Gleisstück wieder geschlossen wird, ohne dass eine Rückdrehung der Scheibe notwendig ist. Die Drehung dieser Scheiben erfolgt aus freier Hand, die Vermeidung nicht beabsichtigter Drehung durch eine Falle h, welche sich zwischen zwei Nasen legt. Das früher zur Konstruktion der Drehscheiben verwendete Holz und Gusseisen ist nunmehr wohl allgemein durch Schmiedeisen und Stahl verdrängt.

Zweites Kapitel.

Hebezeuge.

Diejenigen Vorrichtungen, welche dazu dienen, Lasten hauptsächlich in vertikaler Richtung zu bewegen und zwar sowohl aufwärts als abwärts (Heben und Senken), als auch in gehobener Lage horizontal zu transportiren, bezeichnet man kurzweg als Hebezeuge.

In Anbetracht der ausserordentlich verschiedenen Aufgaben, welche die Hebezeuge in Bezug auf die zu gewinnende Höhe, auf die Gestalt, das Gewicht und sonstige Beschaffenheit (einzelne Körper, Sammelkörper; feste, halbflüssige oder teigige Massen etc.) der Lasten zu erfüllen haben, ist die ebenso grosse Mannigfaltigkeit derselben einleuchtend, sowie die Anwendung jeder verfügbaren Kraft (Muskel-, Dampf-, Wasser- u. s. w. Kraft) naheliegend. Von besonderer Bedeutung für die Anordnung, Anbringung und Gebrauchsweise der Hebezeuge ist ferner das Getriebe, welches die Antriebskraft aufnimmt und zur Wirkung bringt, auch schon deshalb, weil damit in vielen Fällen die Wahl der Antriebskraft eine Beschränkung erfährt. Als solche Getriebe stehen in Anwendung Hebel, Schrauben, Zahnstangen, Rollen, Räder und Kolben, wovon die Kolben auf den Gebrauch einer Druckflüssigkeit (Dampf, Wasser, Luft) angewiesen sind, während die anderen Getriebe mittels jeder beliebigen Kraft in Thätigkeit gesetzt werden können. Obwohl zwar die genannten Getriebe auch in mancherlei Zusammensetzungen sich zweckmässig erwiesen haben, so geben sie doch die geeignetste Grundlage für die Einteilung der Hebezeuge in die Gruppen:

1. Hebeladen,
2. Schraubenwinden,
3. Zahnstangenwinden,
4. Rollenzüge (Seil- und Kettenwinden),
5. Räderwinden,
5. Treibkolbenhebewerke.

Sehr verschieden ist die Art, in welcher das Hebezeug die Last zum Zwecke der Bewegung angreift oder aufnimmt. Bei den Hebeladen gewöhnlicher Zahnrad- oder Schraubenwinden z. B. erfolgt der Angriff unmittelbar, indem man diese Geräthe unter die Last schiebt oder stellt; bei Anwendung von Seilen oder Ketten genügt in den meisten Fällen ein Haken zur Aufnahme der Last. In sehr vielen Fällen jedoch ist es geboten oder zweckmässig, besondere Einrichtungen für die Aufnahme der Lasten zu treffen, z. B. überall dann, wenn das Hebezeug ein für allemal an bestimmten Stellen fest angebracht ist und die Last sich nicht eignet, direkt

gefasst oder an Haken angehängt zu werden, oder wenn eine unausgesetzte, bezw. in sehr kurz bemessenen Zeitperioden erforderliche Lastenbewegung, z. B. in Fabriken, stattfinden soll u. s. w. Die in solchen Fällen zur Verwendung gelangenden Einrichtungen bestehen wie bei dem Horizontaltransport in Fördergeräthen verschiedener Anordnung. Entweder sind es einfache Platten, welche die Last aufnehmen und mit dem Hebezeug passend in Verbindung stehen und den Namen Plattformen, Aufzugschalen, Förderschalen, Förderkörbe, auch wohl Fahrstühle führen. Oder man verwendet gefässartige Behälter in der Form von Bechern, Eimern, Körben u. dergl., mitunter Zangen, Scheren u. s. w.

Um einen möglichst kontinuirlichen Betrieb herbeizuführen, wird, wo es nur zulässig ist, die Anlage in der Weise durchgeführt, dass sich die Fördergefässe selbstthätig füllen (beladen) und entleeren (entladen). Namentlich bei Sammelkörpern (Getreide, Mehl, Pulver, Schlamm, Sand etc.) sind diese Anlagen sehr empfehlenswert und in der Regel dadurch charakterisirt, dass die Fördergefässe durch Eintauchen in das Fördergut sich füllen und an der Entladestelle durch Umkippen oder Wenden sich entleeren.

Befinden sich die Hebezeuge unverrückbar an bestimmten Stellen, so erhalten die Fördergefässe zum Schutze gegen Schleudern, sowie zur Sicherheit und Bequemlichkeit des Betriebes in sehr vielen Fällen an besonderen Gerüsten feste Führungen. Dadurch ist jene Klasse von Hebevorrichtungen entstanden, welche unter dem Namen der Aufzüge in Magazinen, Fabriken, Wohngebäuden immer umfangreichere Verwendungen zum Vertikaltransport von Waren, Produkten, Menschen u. s. w. im Berg- und Hüttenwesen etc. finden.

Häufig liegt die Aufgabe vor, eine Last zu heben, um sie über einen erhöhten Gegenstand hinweg- oder durch die Luft nach einem anderen Orte zu bewegen. Zu diesem Zwecke dienen in Verbindung mit Hebezeugen Gerüste, welche hoch genug sind, um die Last zur erforderlichen Höhe heben zu lassen und ausserdem eine Bewegung in der Horizontalrichtung entweder durch Drehung um eine vertikale Säule oder durch gradlinige Verschiebung auf horizontalen Bahnen ermöglichen. Diese Fördervorrichtungen werden unter dem Namen der Krane zusammengefasst und ausserordentlich viel auf den sog. Ladeplätzen, in Werkstätten und für zahlreiche besondere Zwecke hergestellt und gebraucht.

Aufzüge und Krane erhalten ihren Antrieb sowohl von Menschenhand, als von anderen Kraftquellen und zwar mit Hilfe von Schraubenwinden, Seil- und Kettenwinden, Räderwinden und Treibkolben, so dass sie sich, und zwar in einer ausserordentlich grossen Mannigfaltigkeit der Ausführungsformen, an die einfachen Hebezeuge unmittelbar anschliessen.

Die Aufgabe des Hebens schliesst in fast allen Fällen die Notwendigkeit ein, die Last an der Ankunftstelle und an beliebigen Punkten des Weges ohne Bethätigung einer besonderen Kraft in der Schwebe erhalten und an einer unbeabsichtigten Abwärtsbewegung hindern, sowie auch jede beabsichtigte Abwärtsbewegung derselben mit Sicherheit ausführen zu können. Zu diesen Zwecken sind mit den Hebezeugen Vorrichtungen zu verbinden, welche zu jedem Augenblicke das Gewicht der Last nebst Lastträger etc. und beim Senken der Last die Beschleunigung der Bewegung aufheben. Diese Vorrichtungen bestehen in Sperrwerken und Senkwerken. —

Als Sperrwerke dienen vor allem Sperräder und Sperrklinken (S. 66), sodann solche Anordnungen, welche selbstsperrend wirken, indem sie eine Rückwärtsbewegung der Last durch entsprechende Reibungswiderstände verhindern, welche die Last selbst hervorruft. Als Senkwerke pflegt man jene Vorkehrungen zu bevorzugen, welche die in der bewegten Masse vorhandene lebendige Kraft verzehren und zwar in der Regel ebenfalls durch Reibung, wozu dann die Bremswerke (S. 69) Verwendung finden, oder mitunter durch Zusammendrücken elastischer Körper, z. B. Federn, Luft, (S. 71). — Hinzuweisen ist noch darauf, dass es oft zulässig und möglich wird, die beim Senken einer Last verrichtete Arbeit zum Heben einer anderen Last zu benutzen oder auch aufzuspeichern, z. B. in Akkumulatoren (Seite 200).

Sind die in Rede stehenden Vorrichtungen ausschliesslich dazu bestimmt, Lasten zu senken, z. B. beim Beladen von Schiffen, so bezeichnet man sie auch besonders als Senkmaschinen.

I. Hebeladen.

Zum Heben grosser Lasten auf kleine Höhen verwendet man vorteilhaft den einfachen Hebel, der gewöhnlich nur in einer entsprechend starken Eisenstange besteht (Fig. 646), die an einem Ende a keilförmig ausgeschmiedet und gespalten (Geisfuss, Kuhfuss) ist, um sie leicht unter die zu hebenden Gegenstände schieben zu können. Kurz vor diesem Fuss ist die Stange ausserdem gebogen zur Gewinnung eines Stützpunktes c und einer bequemen Lage für den langen Hebelarm c b, an dessen Ende b die Kraft angreift. In dieser einfachen Form ist der Hebel ungeeignet zum Heben von grossen Lasten auf grössere Höhen, da der Ausschlagwinkel selten 60° überschreiten kann. Um jedoch den Hebel zum Heben auf bedeutendere Höhen verwenden zu können, trifft man Anordnungen, welche eine kleine Hebung beliebig oft hinter einander auszuführen gestatten. Diese Anordnungen bilden die Hebeladen, welche nach zwei verschiedenen Grundlagen zur Ausführung gelangen. Entweder tritt nach jeder Hebelschwingung eine erhöhte Lage des Hebeldrehpunktes ein, so dass der Hebel die Bewegung mitmacht, oder der Hebel behält seine Lage und greift bei jeder Schwingung an einem andern Punkt der Last an.

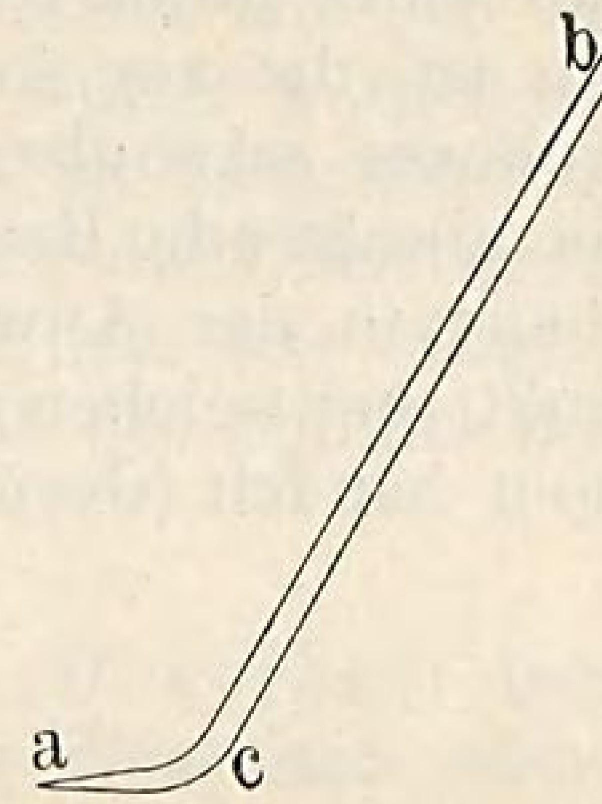


Fig. 646.

Nach der ersten Art wirkt z. B. die in Fig. 647 dargestellte sogen. schwedische Hebelade. Der Hebel a b befindet sich zwischen vier Holzsäulen A, B, die durch die Querriegel C und D mit einander zu einem Bock verbunden und mit den zwei Reihen 1, 2 Löcher durchbohrt sind, welche Bolzen c und e aufnehmen, die zur Stützung des Doppelhebels a b dienen. Indem nun der letztere in Schwingung versetzt und abwechselnd einer der Bolzen c und e in ein höher gelegenes Loch gesteckt

wird, erfolgt allmählich die Hebung der durch Q vergegenwärtigten Last, die auf der Mitte des Hebels aufliegt oder hängt.

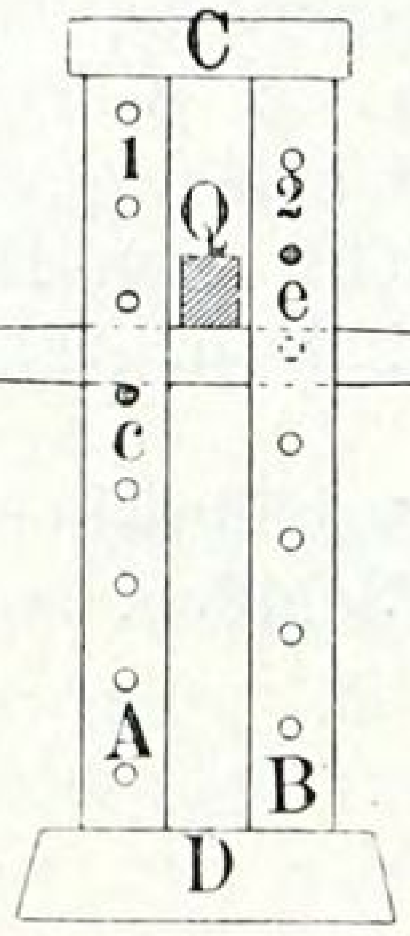


Fig. 647.

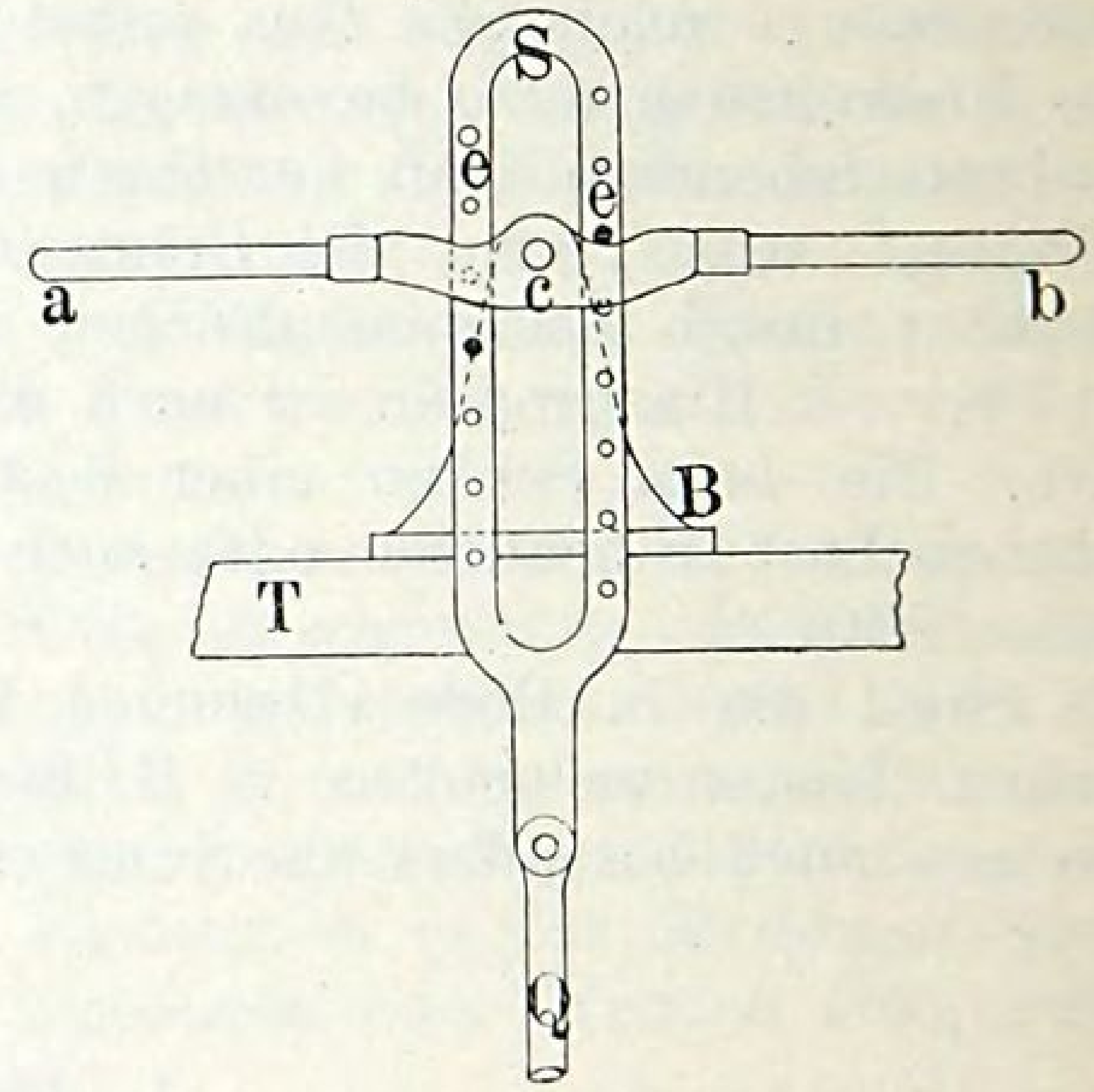


Fig. 648.

Eine Hebelade mit festem Drehpunkt geht aus Fig. 648 hervor. Der Hebel a b ruht mit der Mitte, drehbar um einen Zapfen c, in dem Bock B, der auf einem Balken oder Träger T befestigt ist. Die zu hebende Last Q hängt an einer geschlitzten Schiene S, welche mit zwei Reihen von Löchern versehen ist, die zur Aufnahme von Bolzen e e dienen, deren Bestimmung ohne weiteres erkennbar ist.

Die absetzende Bewegung der Hebel macht dieselben unbequem und zeitraubend in der Anwendung, weshalb diese sich auch auf solche Fälle beschränkt, bei welchen es sich um vorübergehende oder selten wiederholte Hebungen handelt (Gerüstteile, Baustücke, Schützen an Schleusen u. s. w.).

II. Schraubenwinden.

Ein vorzügliches Mittel zum Bewegen grösserer Lasten längs kleiner Wege ist die Schraubenspindel mit Mutter, weil mit diesem Elementenpaar in sehr einfacher Weise ein grosses Übersetzungsverhältnis zu erreichen ist. Bezeichnet man mit h die Ganghöhe einer Schraube, so wird eine mit der Schraube verbundene Last Q, richtige Drehung vorausgesetzt, bei einer Umdrehung der Schraube auf die Höhe h gehoben. Erfolgt dabei die Drehung der Schraube z. B. an einem durch die Schraubenachse gesteckten Hebel von der Länge l mit der Kraft K, so ist im Gleichgewichtszustande der Kraftweg $2 l \pi$, also die gegenseitige Arbeit:

$$Q h = K 2 l \pi$$

$$\text{also } Q = K 2 \pi \frac{l}{h}$$

Da nun h in der Regel nicht sehr gross genommen wird, so ergiebt sich, selbst bei sehr mässiger Hebellänge l, eine bedeutende Übersetzung. Dabei kann nach Belieben, ohne Änderung dieses Verhältnisses, die Schrauben-

spindel oder die Mutter die Last aufnehmen. — Die Schraubengangfläche a b (Fig. 649) neigt sich gegen die rechtwinklig zur Spindelachse liegende Ebene a c um den Steigungswinkel α. Deshalb zerlegt sich die Last Q in die Komponenten

$$P = Q \sin\alpha \text{ und } N = Q \cos\alpha,$$

wovon N eine Reibung von der Grösse f N hervorruft, wenn f den Reibungskoeffizienten darstellt. Ist daher N f etwas grösser als P, so vermag P die Last nicht zu bewegen.

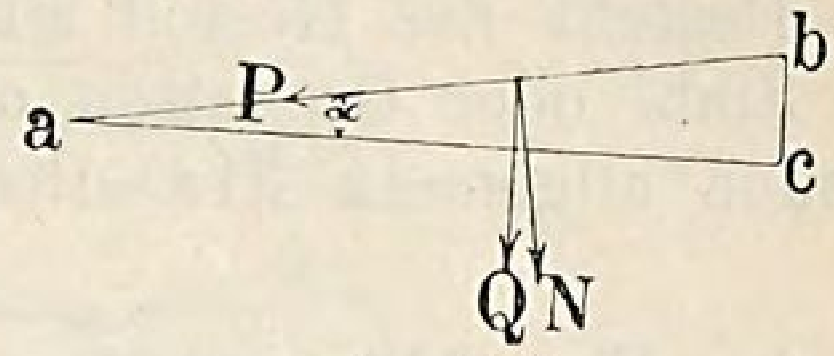


Fig. 649.

Damit letztere also nicht ins Rutschen gelangt, ist, weil sich aus obigen Gleichungen ergiebt, dass

$$f N = P \text{ und } f = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha$$

nur erforderlich, den Winkel α kleiner als den Reibungswinkel zu wählen: unter dieser Voraussetzung tritt daher der höchstwichtige Erfolg ein, dass eine von der Schraube gehobene Last nicht infolge des eigenen Gewichtes hinuntersinkt (Selbsthemmung). Die genannte Reibung findet zwischen den Flächen des Spindel- und des Muttergewindes statt; da diese Flächen durch den Gebrauch glatt werden, so ist man genötigt, den Steigungswinkel α nur etwa 4 bis 6^0 gross zu wählen, um die Selbsthemmung zu sichern.

Diejenigen Vorrichtungen, welche die Schraube als Kraftübersetzungselement besitzen, werden allgemein Schraubenwinden genannt und unterscheiden sich im einzelnen hauptsächlich durch die Mittel, welche die Kraft auf das Schraubengetriebe übertragen und durch die Art der Bewegung, je nachdem diese der Spindel oder der Mutter mitgeteilt wird. Greift der gedrehte Teil direkt an der Last an, so ist zwischen ihm und der Last noch ein Zwischenstück anzuordnen, welches die Übertragung der Drehung auf die Last verhindert und entweder in einem sog. Kopf, einem Haken oder einem Bügel besteht, der um einen mit der Spindel oder der Mutter verbundenen Zapfen drehbar ist.

Eine vielgebrauchte, einfache Schraubenwinde (Dreifuss) geht aus Fig. 650 hervor. Die flachgängige Schraube S aus Flusseisen oder Stahl ist bei k mit einem Kopf versehen, der zwei Durchbohrungen zur Aufnahme einer als Hebel dienenden Stange und eine sog. Klaue a trägt, die nach oben in 4 Zacken ausläuft und um einen aus k heraustretenden Zapfen drehbar ist. Die Mutter sitzt fest in dem Tragstücke m, das auf drei eisernen Füssen f f ruht, welche auf der Grundplatte p festgeschraubt sind. Das Güteverhältnis dieser nach der obigen Gleichung leicht zu berechnenden Schraubenwinde kann auf etwa 30 bis 36 Proz. angenommen werden, da 64 bis 70 Proz. durch Reibungswiderstände verloren gehen. Da das Güteverhältnis einer Schraubenwinde mit drehbarer Mutter unter gleichen Umständen nur etwa 20 bis 25 Proz. beträgt, so ist begreiflich, weshalb die letztgenannte Ausführung selten gewählt wird. Dagegen zieht man vielfach dem einfachen angesteckten Hebel einen Hebel mit Sperrklinke und Sperrad nach dem Vorbilde der Fig. 115 S. 66 vor, weil dieser Hebel durch

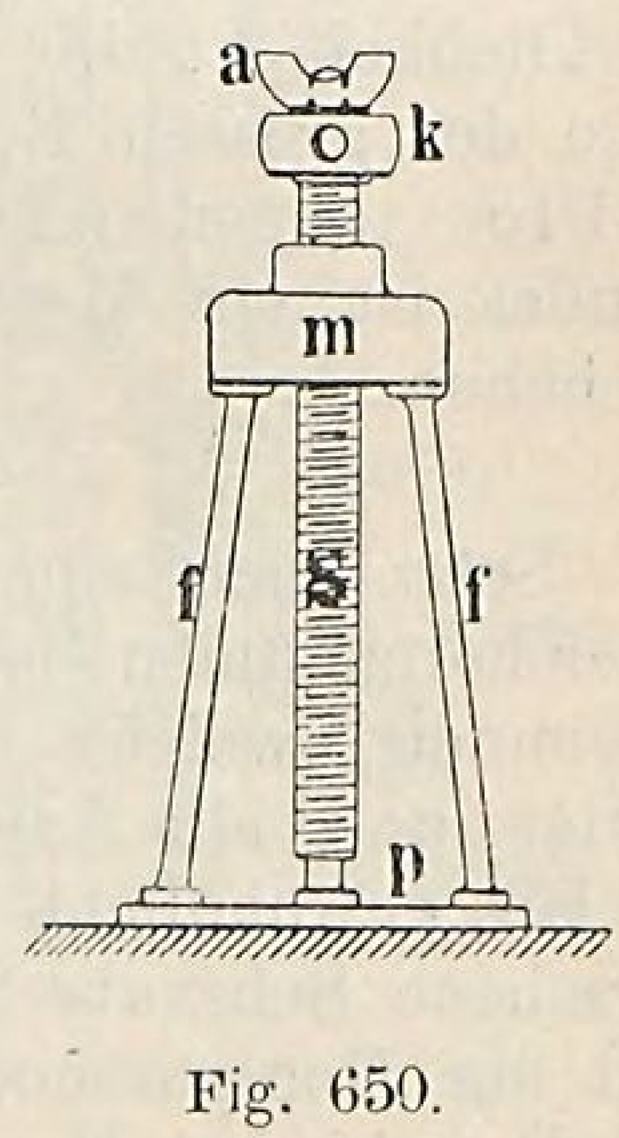


Fig. 650.

Schwingung, also auch bei beschränkten Raumverhältnissen in Thätigkeit gesetzt werden kann (Ratschhebel).

Besteht das Gestell statt aus drei Füssen aus einem Hohlgusskörper von Stahl oder Gusseisen oder aus einem Holzblock, so nennt man die Winden allgemein Flaschenwinden.

In Fig. 651 ist eine Schraubenwinde mit drehbarer Mutter und Schneckenradantrieb vor Augen geführt; die Schraubenspindel S mit der Klaue a trägt am unteren Ende einen Fuss f, der aus einem Führungsschlitz des Bockes B heraustritt, gewöhnlich klauenartig gespalten ist und den Zweck hat, die Schraube S an der Drehung zu verhindern und ausserdem Lasten zu fassen, die vom Fussboden aufgehoben werden sollen. In einer Aussparung c des gusseisernen oder gusstählernen Gestelles G befinden sich die Mutter als Nabe eines Schneckenrades, in welches eine Schnecke eingreift, die von der Handkurbel h in Umdrehung versetzt wird. Die auf solche Weise gewonnene Übersetzung gestattet mit dieser einfachen Winde unter Voraussetzung einer genügend starken Schraube die Hebung von sehr bedeutenden Lasten. Bezeichnet man mit Q die Last, mit h die Steigung der Schraube S, mit r den Radius des Schraubenrades, mit s die Steigung der Schnecke, mit l die Länge der Kurbel h und mit K die an h wirkende Kraft, so ergiebt sich

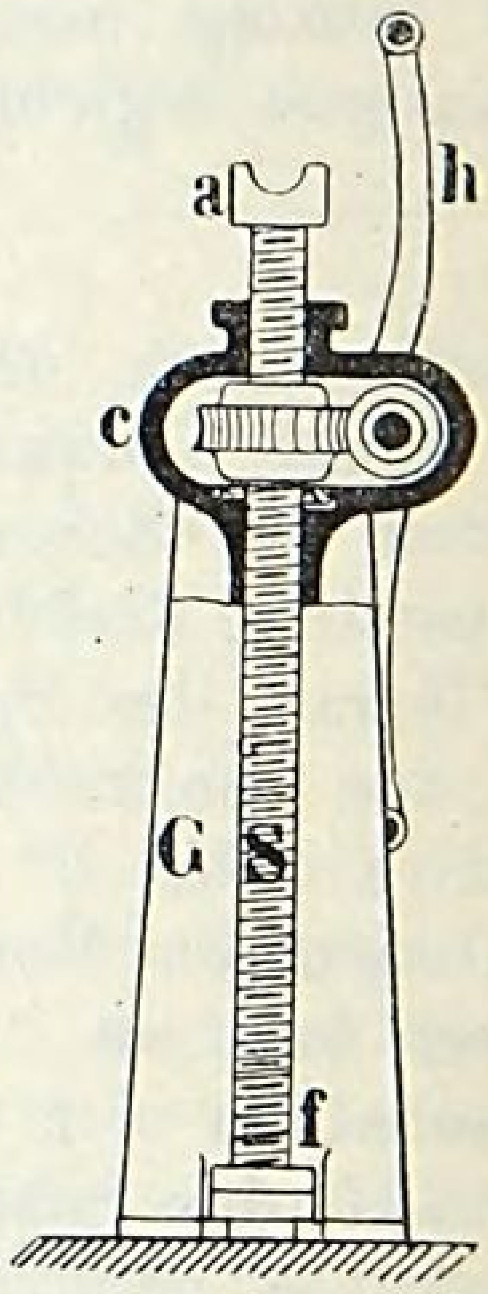


Fig. 651.

$$K = \frac{Q\,h\,s}{4\,\pi\,\pi\,l\,r} \text{ also } Q = P\,\frac{4\,\pi\,\pi\,l\,r}{h\,s}$$

Gebräuchliche Abmessungen sind bei dieser Winde z. B.

$l = 30$ *cm*, $r = 15$ *cm*, $h = 2$ *cm* und $s = 4{,}5$ *cm*.

Hieraus geht eine Übersetzung auf das 2110 fache hervor, woraus folgt, dass ein Mensch, der an der Kurbel mit einer Kraft von 15 *kg* arbeitet, theoretisch im Stande wäre $2110 \cdot 15 = 31{,}600$ *kg* zu heben. — In Wirklichkeit ist die Wirkung sehr viel geringer, da das Güteverhältnis infolge der grossen Reibung zwischen den Schrauben nur etwa auf $1 : 7 =$ 14 Proz. angenommen werden kann. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes ist ein Mensch im Stande, mit dieser Winde etwa nur 4500 *kg* zu heben.

Setzt man eine Schraubenwinde auf einen Schlitten, der sich längs einer horizontalen Bahn verschieben lässt, so ist damit eine Hebevorrichtung gewonnen, welche die gehobene Last auch horizontal zu verschieben gestattet und als Schraubenschlittenwinde häufig Anwendung findet. — Die gewöhnliche Anordnung derselben zeigt Fig. 652. Die mit Klaue a versehene Schraube S wird von der Mutter m getragen, die sich im oberen Teil des Hohlgussbockes B befindet. Zur Bewegung dieser Schraube dient der Ratschhebel H mit der Sperrklinke i, deren zwei Sperrzähne durch Eingriff in das mit der Schraube S verbundene Sperrad s die Drehung nach beiden Richtungen zum Heben und zum Senken der Last vermitteln.

Der büchsenartig auslaufende Hebel H nimmt eine hölzerne Stange als Angriffsmittel auf. Der Bock B stützt sich auf den Schlitten C, der auf den abgehobelten Flächen des Rahmens D D verschiebbar und zu dem Zwecke mit einer Mutter r zur Aufnahme der in D gelagerten horizontalen Schraube E E versehen ist. Jedes Ende dieser Schraube besitzt eine viereckige Verlängerung zum Aufstecken eines langen Schlüssels oder Ratschhebels zur Drehung, also Fortschiebung des Bockes längs des Rahmens.

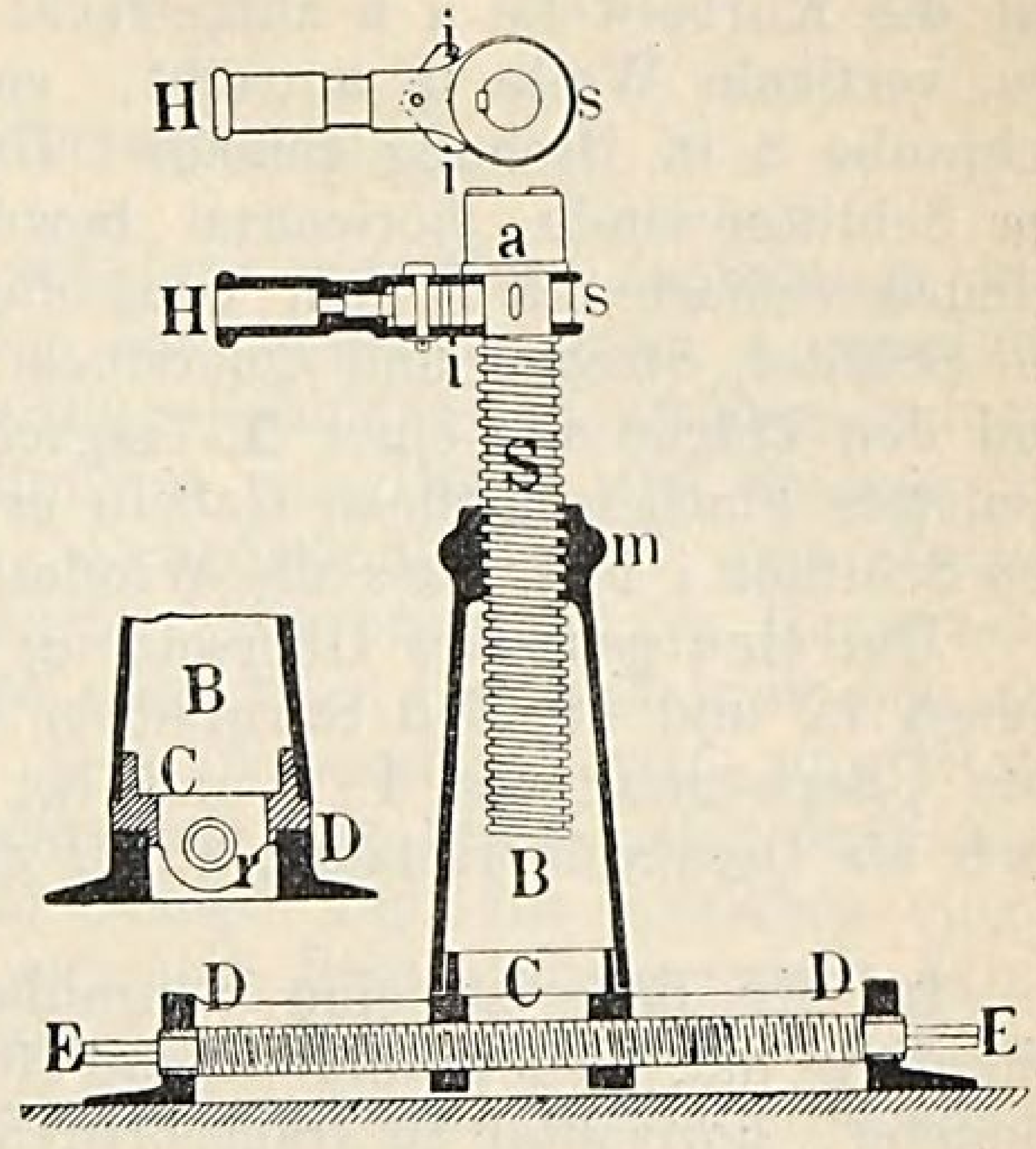


Fig. 652.

Die Form und Anwendungsweise der beschriebenen Winden gestatten die Anbringung einer beliebig grossen Anzahl derselben in den Fällen, wo es sich um das Heben und Senken von Lasten handelt, die ihrer grossen Dimensionen wegen gleichzeitig an mehreren Stellen angegriffen werden müssen, z. B. beim Montiren von Bauwerken, Brücken, Maschinen etc. Um bei solchen Arbeiten sämtliche Winden gleichzeitig und gleichmässig zu bethätigen, sind Einrichtungen mittels Wellenleitungen oder Drahtseilen getroffen, welche sämtliche Ratschhebel etc. von einer Stelle aus bewegen.

Zum Heben und Senken von Dampfkesseln, Lokomotiven, Brücken und dergl. bedient man sich mit Vorliebe der in Fig. 653 dargestellten Hebeböcke, die stets paarweise neben den Arbeitsstücken aufgestellt werden. Sie bestehen der Hauptsache nach aus zwei aufrechten Holzständern B B, welche oben durch den Querbalken A, unten durch den Holzrahmen C verbunden und durch die Streben D und E gehörig abgestützt sind. Zwischen den Ständern ist die Gewindeschraube S mit Fuss- und Halslager gelagert. An dieser Schraube S hängt vermittelst der Mutter ein Schlitten i zur Aufnahme eines Trägers t, der von einem Bock zum gegenüberstehenden reicht,

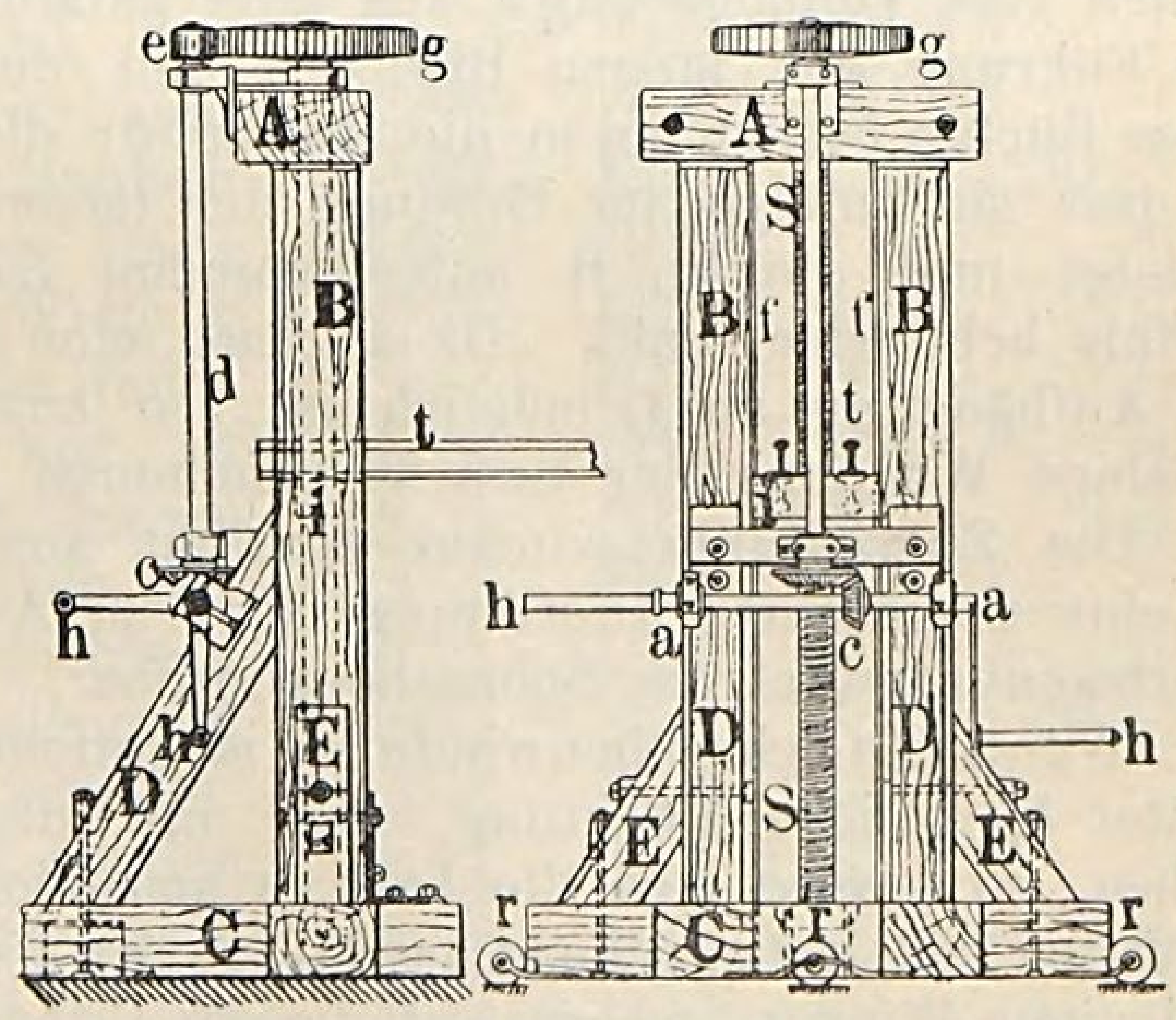


Fig. 653.

in der Regel aus Eisenbahnschienen hergestellt ist und zum Tragen des Hebestückes dient. Der Schlitten i bewegt sich an eisernen Gerad-

führungen f f infolge einer Drehung der Schraube S. Diese Drehung erfolgt von den zwei in passender Höhe angebrachten Handkurbeln h h, welche auf die Kurbelwelle a b aufgesteckt werden, die mittels der Kegelräder c die vertikale Welle d antreibt, von der durch die Stirnräder e g die Schraube S in Drehung gelangt. Um die gehobene Last zugleich, wie bei der Schlittenwinde, horizontal bewegen zu können, werden diese Bockwinden vielfach mit 3 Paar Laufrollen r versehen. — Mitunter fertigt man die Ständer, Streben und Querstücke ganz aus Doppel-T- oder U-Eisen an und den Träger aus einer I-Tragschiene, die an beiden Enden durch aufgenietete Flacheisenstücke Gabeln erhalten, mit welchen man sie so auf den Schlitten i legt, dass die Windeschraube in die Gabel zu liegen kommt.

Um eine passende Übersetzung zu gewinnen, pflegt man den Kegelrädern 12 und 48, den Stirnrädern 15 und 75 Zähne zu geben, also bei c eine Übersetzung von 1 : 4 und bei e g eine Übersetzung von 1 : 5, demnach als Gesamtübersetzung 1 : 20 zu wählen.

In Fig. 654 ist eine Schraubenwinde dargestellt, welche die Bestimmung hat, Gegenstände in die Höhe zu ziehen, um sie, frei in der Luft hängend, horizontal zu transportiren, also über Hindernisse hinweg oder an einen höher gelegenen Ort zu schaffen, z. B. zum Transport von schweren Werkstücken, um sie auf Werkzeugmaschinen zu bringen, zum Montiren, Ausheben aus Gruben, Verlegen von Bauteilen u. dergl. Diese Zugwinde besteht der Hauptsache nach aus einem rahmenartigen Gestelle B, das an Schienen L um eine Vertikalachse drehbar aufgehängt und mittels einer Rolle R längs einem Träger T verschiebbar eingerichtet ist. Innerhalb dieses Gestelles hängt die Windeschraube S, die von einer Seil- oder Kettenscheibe A aus durch die Kegelräder c angetrieben wird. Nach unten besitzt das Gestell eine Verlängerung J aus zwei parallelen Schienen zur Führung der langen Büchse F mit dem Haken H. Diese Büchse besitzt bei m die Mutter für die Schraube S, so dass sie infolge der Drehung der letzteren auf- und absteigt und die an H aufgenommene Last nach Bedürfnis hebt oder senkt. Da zugleich eine Drehung um die Aufhängung an L möglich ist, so kann auch eine beliebige Wendung der Last vorgenommen werden.

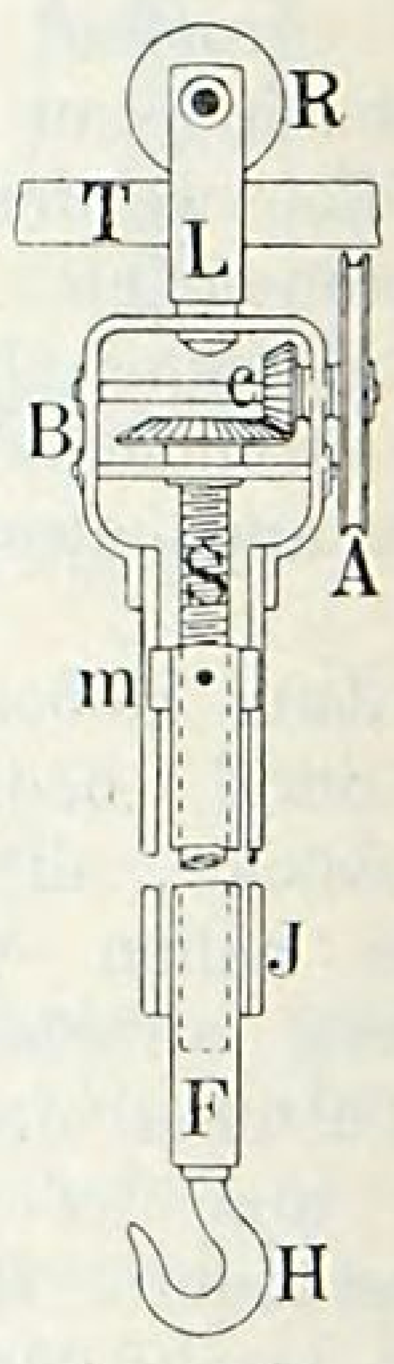


Fig. 654.

Die Zugschraubenwinden erhalten aus Bequemlichkeitsgründen auch oft eine umgekehrte Anordnung mit dem Antriebe unten, sowie als Kraftübertragungsmittel ein Schneckengetriebe.

Wenn die Schraubenwinde so eingerichtet wird, dass sich Spindel und Mutter in gleicher Richtung, aber mit ungleicher Winkelgeschwindigkeit drehen, so bewegt sich die Last in achsialer Richtung mit dem geradlinig geführten Teile entsprechend der Differenz der genannten Drehbewegungen. Diejenigen Winden, welche auf diesem Prinzip beruhen, werden Differentialschraubenwinden genannt. Nach einer Ausführung erfolgt die Drehung von Mutter und Spindel durch Kegelräder, wovon eins an der Mutter und ein zweites an einer Büchse sitzt, die über die Spindel geschoben wird und diese durch Nut und Feder mitnimmt (Zobel). Zur

Umdrehung der Kegelräder dienen zwei auf einer kurzen Welle sitzende Kegelräder, welche von einer Handkurbel in Umdrehung versetzt werden.

III. Zahnstangenwinden.

Bei den Zahnstangenwinden wird die Last von einer Zahnstange aufgenommen, welche von einem Zahnrade, ausschliesslich unter Anwendung einer Handkurbel, vielfach mit Einschaltung besonderer Kraftübersetzungsteile bewegt wird. Ihres häufigen Gebrauchs zum Heben und Senken von Fuhrwerken zufolge, bezeichnet man sie gewöhnlich mit dem Namen Wagenwinde oder Fuhrmannswinde. Sie bestehen der Hauptsache nach aus der Zahnstange, dem Gehäuse oder Windestock und dem zugehörenden Getriebe oder Vorgelege. Der Windestock wird aus Holz, Gusseisen, in neuester Zeit sehr zweckmässig aus Eisen- oder Stahlblech angefertigt und zur Aufnahme der Zahnstange und des Getriebes eingerichtet. Die aus Schmiedeisen oder weichem Stahl geschmiedete Zahnstange ist oben mit einer Klaue, ausserdem aber gewöhnlich unten mit einer Pratze versehen und wird an dem der Zahnkante gegenüberliegenden Rücken, mitunter an Leitrollen geführt. Als Getriebe dient ein Zahnrädervorgelege mit passender Übersetzung der Kraft oder ein Schneckengetriebe. Bei Anwendung eines Rädervorgeleges ist eine Sperrvorrichtung notwendig, welche die unbeabsichtigte Senkung verhindert; bei einem Schneckengetriebe wird der Steigungswinkel der Schnecke so gewählt, dass Selbsthemmung erfolgt.

Die Anordnung einer gewöhnlichen Zahnstangenwinde mit Holzgehäuse geht aus Fig. 655 hervor. Die Zahnstange Z besitzt oben die Klaue k und unten die Pratze p, welche seitwärts aus dem Stock A heraustritt. Der letztere ist von einer Seite so weit ausgehöhlt, dass die Zahnstange hineingelegt werden kann, und mit Bändern r r, sowie einer Haube h beschlagen, als auch mit einem Tragring R versehen. Eine kurze Welle x nimmt ausserhalb des Blockes die Handkurbel K und das Sperrad d auf, in welches die Sperrklinke e einfällt. Innerhalb des Blockes sitzt auf derselben das Trieb a, das in das Zahnrad b eingreift, auf dessen Welle der die Zahnstange Z antreibende Triebling c sich befindet. Bezeichnet man nun mit K die an der Kurbel K von der Länge l thätige Kraft, mit Q die Last, mit a, b und c die Radien der betreffenden Räder, so findet die Beziehung statt

$$P = Q \frac{a}{l} \frac{c}{b}$$

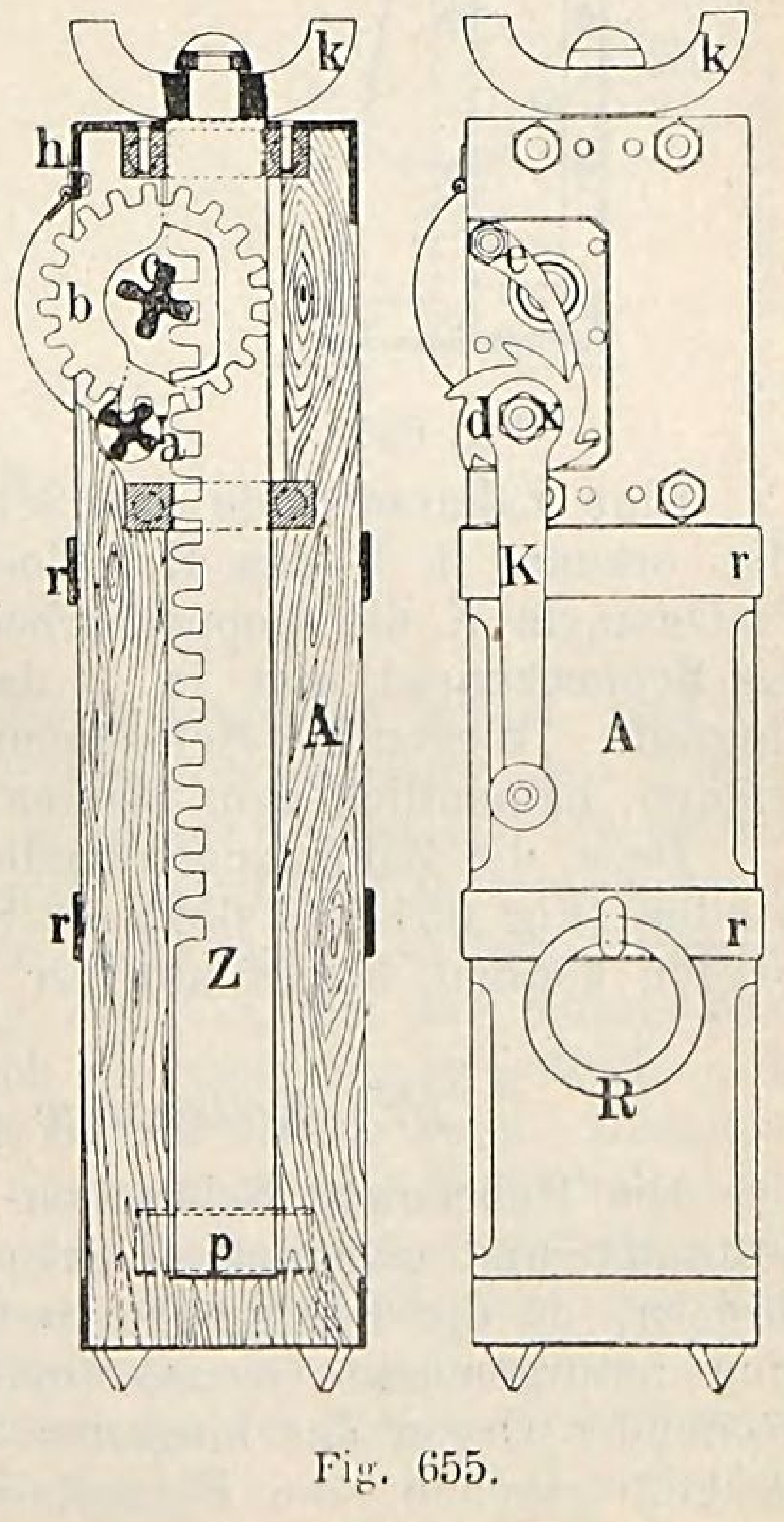


Fig. 655.

Ist im vorliegenden Fall $l = 360\,mm$, $a = 25$; $b = 100$ und $c = 30$ und rechnet man $P = 15\,kg$, so ergiebt sich

$$Q = 15 \cdot 48 = 720\,kg$$

als die zu hebende Kraft. Da jedoch der Wirkungsgrad dieser Winde auf etwa 78 Proz. anzunehmen ist, so ist ein Mensch mit einem Kraftaufwand von 15 *kg* im Stande, mit derselben nur $720 \cdot 0{,}78 = 571{,}6\,kg$ zu heben.

Die in Fig. 656 dargestellte Zahnstangenwinde unterscheidet sich von der eben beschriebenen durch Anbringung eines doppelten Vorgeleges, also eines grösseren Umsetzungsverhältnisses und eines Gehäuses aus Blech. Ausserdem sind die Räder b und c doppelt vorhanden, um die Abnutzung zu vermindern.

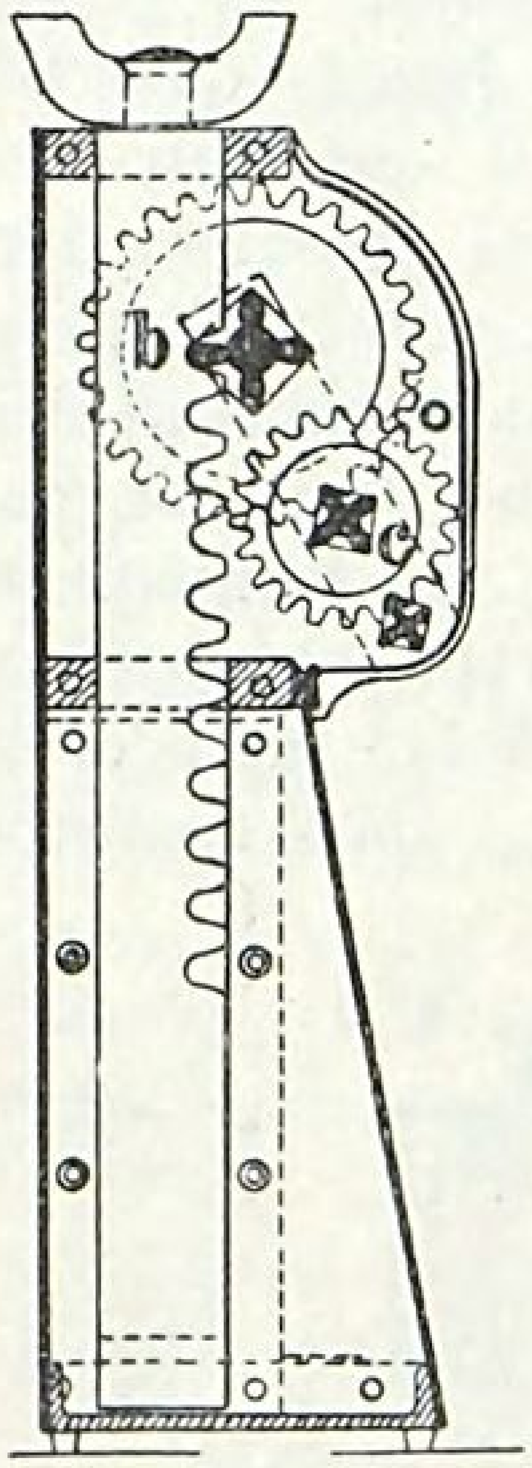


Fig. 656.

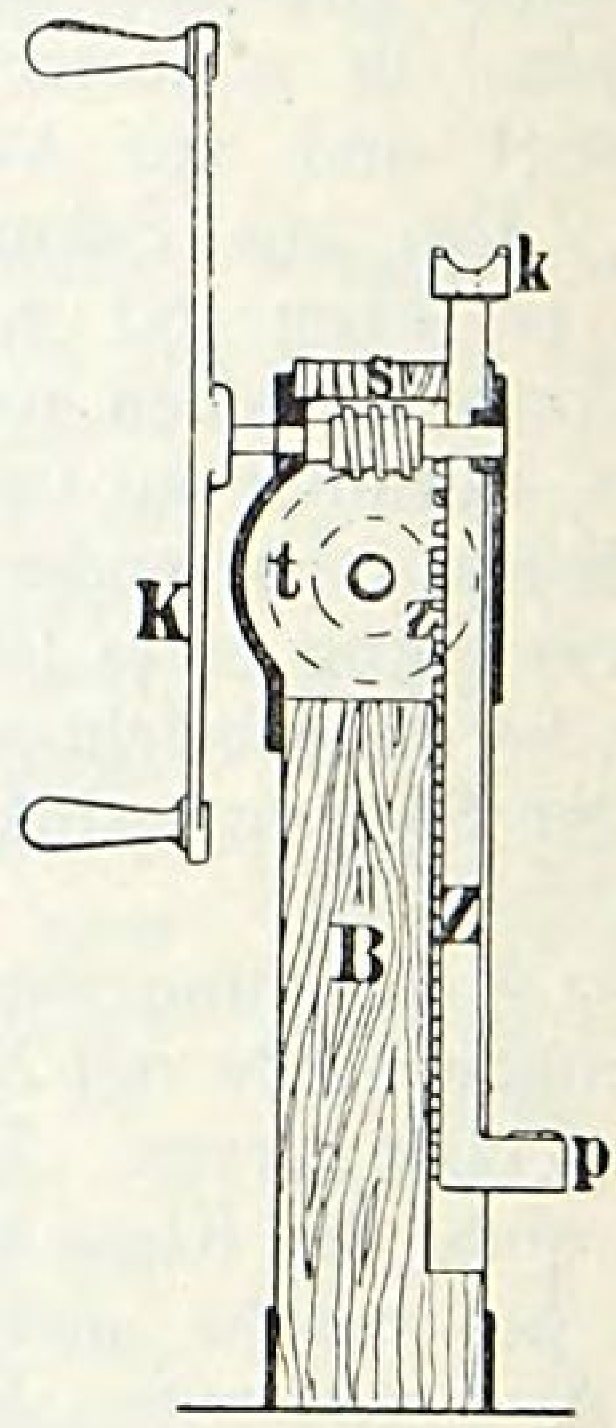


Fig. 657.

Eine Zahnradwinde mit Schneckenantrieb führt Fig. 657 vor Augen. Man erkennt in B den Holzblock, in Z die Zahnstange mit Klaue k und Pratze p, in K die Doppelkurbel, in s die von K gedrehte Schnecke, in t das Schneckenrad und in z das Triebrad, welches in die Zahnstange Z eingreift. Wegen der Selbsthemmung werden diese Winden den Vorgelegewinden, namentlich zum Senken der Lasten, vorgezogen.

Dass die Zahnstangenwinden in gleicher Weise wie die Schraubenwinden (Fig. 651 und 652) als Schlittenwinden und Zugwinden ausgeführt werden können, bedarf nur der Andeutung.

IV. Rollenzüge (Seil- und Kettenwinden).

Die Hebeladen, Schrauben- und Zahnstangen-Winden sind nur dazu bestimmt und geeignet, Lasten auf verhältnismässig geringe Höhen zu fördern, da die Förderhöhe in der Länge der direkt angreifenden Organe eine naturgemässe Grenze findet. Verwendet man dahingegen als angreifendes Organ das biegsame Seil oder eine Kette, so ist damit die Möglichkeit gegeben, die Förderhöhe erheblich zu steigern, weil die Länge

dieses Organs im Sinne dieser Verwendung kein Hindernis bildet. Voraussetzung bei der Benutzung eines Seiles oder einer Kette ist nur, abgesehen von der Festigkeit, die Förderung auf dem Wege des Zuges (Ziehens) und eine Verbindung des Zugorgans nicht nur mit der Last, sondern auch mit der Stelle, bis zu welcher die letztere gehoben oder von der dieselbe heruntergelassen (gesenkt) werden soll (Förderstelle).

Eine Verbindung des Seiles mit der Last einerseits und der Förderstelle anderseits muss stets unter der Voraussetzung erfolgen, dass der Bewegung der Last kein Hindernis erwächst und dass das Aufziehen und Herunterlassen des Seiles leicht und sicher vorgenommen werden kann. Abgesehen von der einfachsten aber auch nur als Behelf zu betrachtenden Art, das Seil über die horizontale Kante einer festen Unterlage hinwegzuziehen, bedient man sich stets zu dem in Rede stehenden Zwecke der Schnurscheibe oder Rolle (S. 55.) Diese Rolle R ist um ihre geometrische Achse drehbar entweder fest auf einem Balken B gelagert, (Fig. 658) oder mittels eines gabelförmigen Gehänges FF (Fig. 659) unter einem Balken B aufgehängt, aber auch in einem gabelartigen Gehäuse untergebracht, welches (Fig. 660) mittels eines Hängehackens H überall angehängt, also leicht transportirt werden kann. Das gabelartige Gehäuse wird Flasche, Kloben oder Schere genannt.

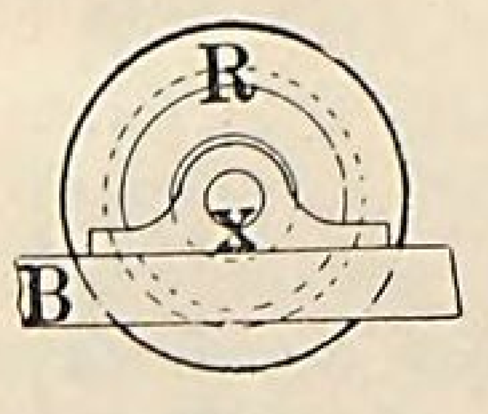


Fig. 658.

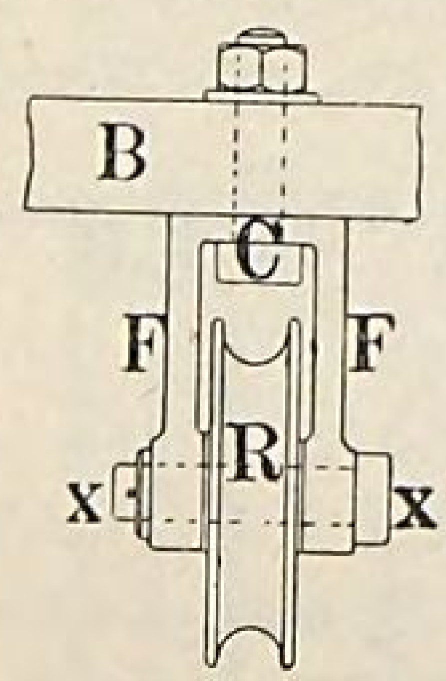


Fig. 659.

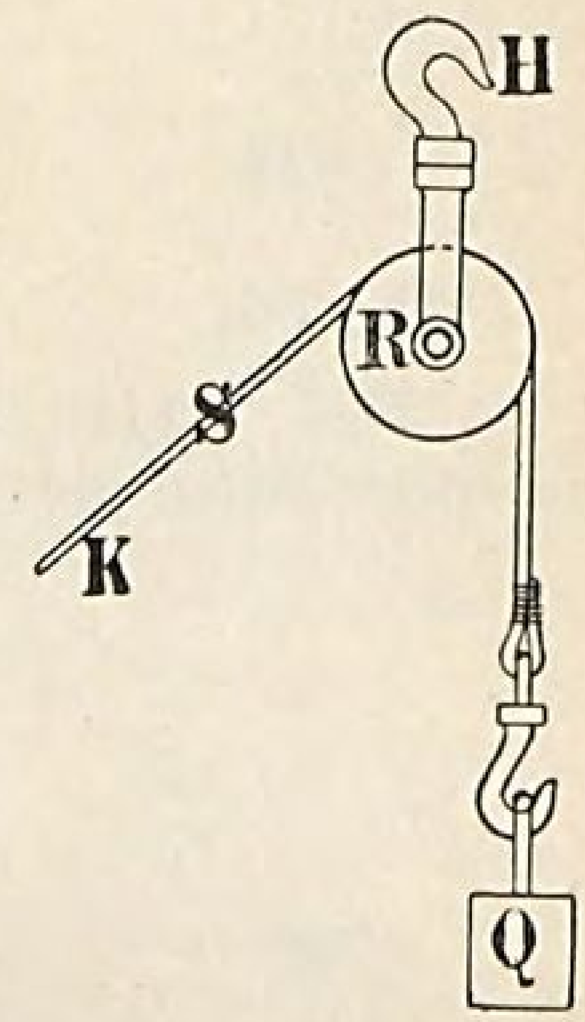


Fig. 660.

Wie die Figuren 658 bis 660 ohne weiteres erkennen lassen, sind diese Rollen nicht dazu bestimmt, während der Lastenförderung den Platz zu verlassen, deshalb sie auch feste Rollen genannt werden. Sie gestatten dahingegen eine beliebige Richtungsänderung des Seiles S und somit das Aufziehen der Last von jeder gewünschten Stelle aus. Um diese Richtungsänderung nicht wie bei der festen Lagerung, Fig. 658, auf eine einzige Ebene beschränken zu brauchen, wird gewöhnlich die Einrichtung getroffen, dass sich das Rollengehäuse um einen vertikalen Bolzen drehen kann. Bezeichnet man mit K die Kraft, mit Q die Last und mit r den Rollenhalbmesser, so ist $Kr = Qr$, also die Zugkraft gleich der Last, erstere natürlich noch vermehrt um den Widerstand durch Reibung am Rollenzapfen und durch Seilbiegung. — Die feste Rolle bietet zugleich als sog. Leitrolle vor allem ein einfaches Mittel zur Führung des Seiles bei Richtungsänderungen.

Wird mit dem Haken H der Rolle R (Fig. 661) die Last Q verbunden,

und diese durch Anziehen des um die Rolle gelegten, mit einem Ende bei A befestigten Seiles S bewegt, wodurch die Rolle die Bewegung der Last mitzumachen hat, so entsteht die sogenannte lose Rolle oder Lastrolle. Unter der Voraussetzung, dass die Seilstücke parallel laufen, ist die Spannung in jedem Seilstücke $\frac{Q}{2}$, folglich auch die Zugkraft $K = \frac{Q}{2}$ woraus hervorgeht, dass die Kraft zur Hebung einer Last am losen Seile nur gleich der halben Last ist, selbstverständlich vergrössert um die Widerstände. Letztere berücksichtigt, ergiebt etwa

$$K = 0{,}6\ Q.$$

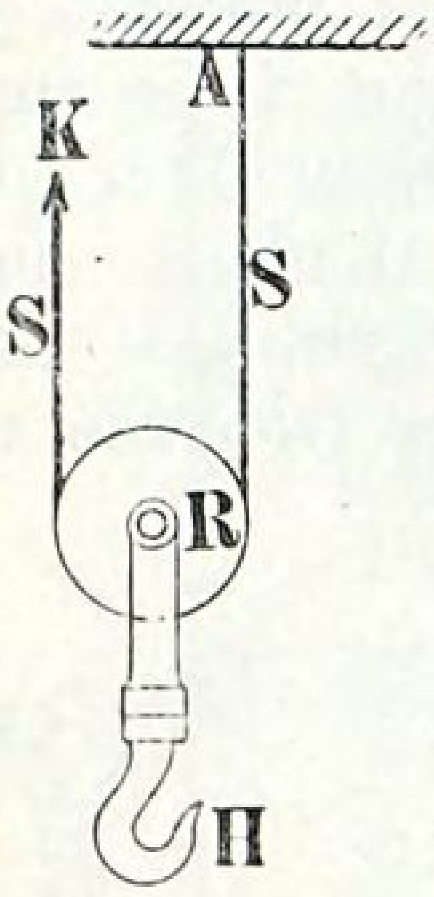


Fig. 661.

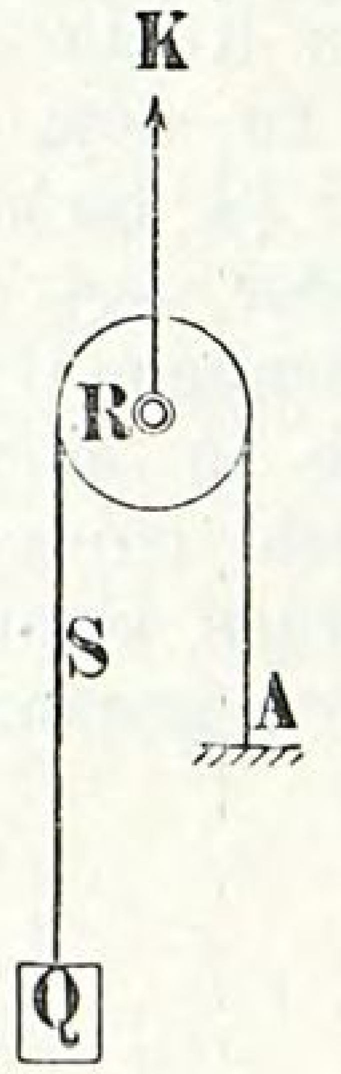


Fig. 662.

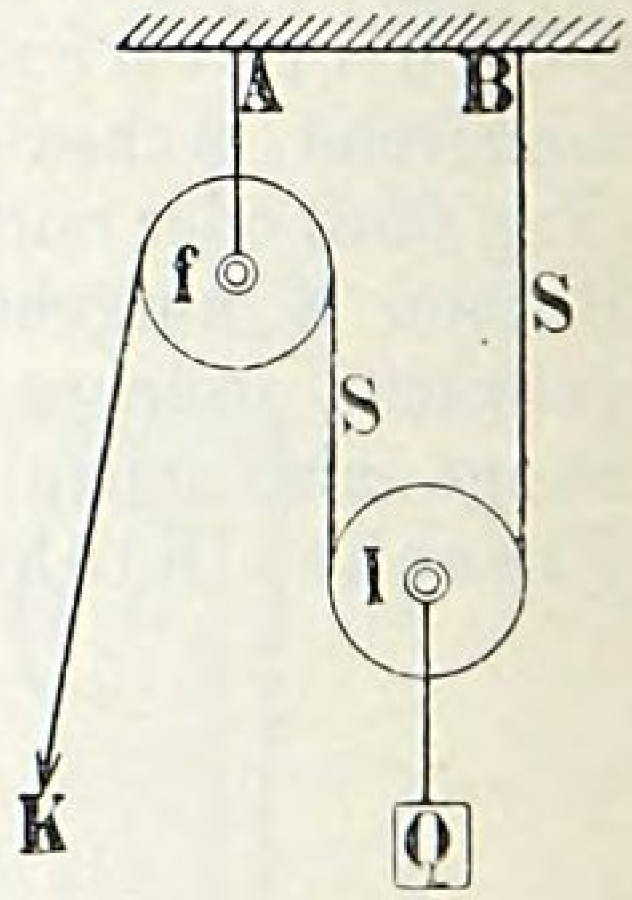


Fig. 663.

Bei der in Figur 662 gezeichneten Umkehrung greift das Zugseil K in der Mitte der losen Rolle R an, um welche ein bei A befestigtes Seil S

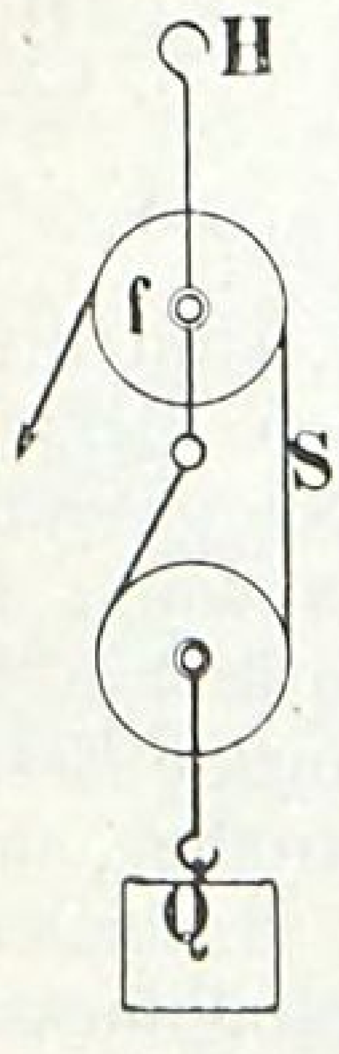


Fig. 664.

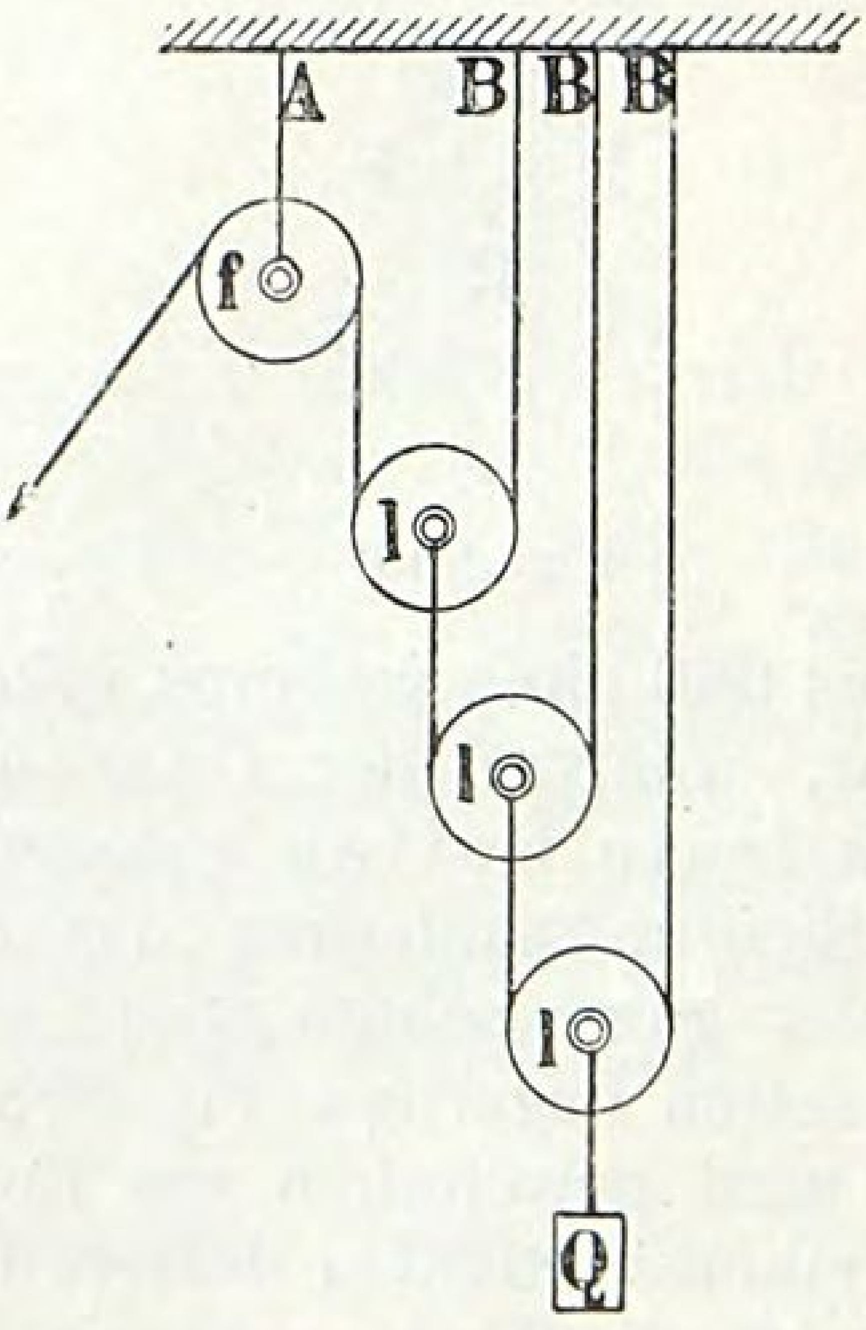


Fig. 665.

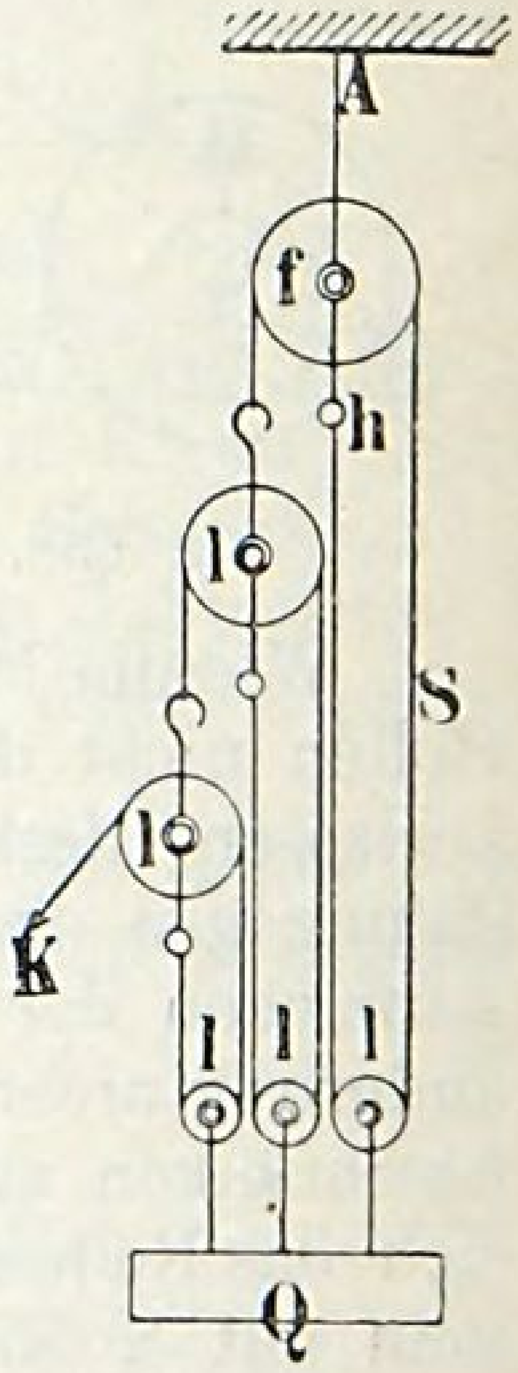


Fig 666.

zur Aufnahme der Last Q geschlungen ist. Die Hebung der Last Q erfolgt bei dieser Umkehrung mit dem Kraftaufwand von

$$K = 2\ Q$$

natürlich mit doppelter Geschwindigkeit. (Lose Treibrolle.)

Durch Verbindung der festen Rolle f mit einer losen Rolle l entsteht eine Hebevorrichtung (Fig. 663), welche den Vorteil der beliebigen Richtungsänderung der Zugkraft mit der Verminderung der Zugkraft auf die Hälfte vereinigt, und daher ein einfaches und viel verwendetes Mittel zur Hebung und Senkung von Lasten darbietet, das einen sog. Rollenzug oder Flaschenzug in einfachster Form bildet.

Um diese Verbindung transportabel zu machen, versieht man die Leitrolle f (Fig. 664) mit einer Flasche und einem Haken H zum Aufhängen sowie einem zweiten Haken zur Befestigung des Seiles S, wodurch die beiden Rollen unmittelbar unter einander zu liegen kommen.

Durch Aneinanderreihen mehrerer losen Rollen ist eine weitere Verminderung der Zugkraft in einem bestimmten Verhältnisse zu der Zahl der Rollen und dadurch eine Anordnung der Flaschenzüge möglich, welche, allerdings auf Kosten der Geschwindigkeit, die Hebung und Senkung sehr bedeutender Lasten mit geringem Kraftaufwand z. B. mit der Kraft eines Menschen gestattet. — In Fig. 665 ist ein Rollenzug mit einer festen Rolle f und drei losen Rollen l, l, l, also mit vier Rollen charakterisirt; man erkennt, dass die Last Q sich auf die vier Stränge A, B, B, B gleichmässig verteilt und dass demnach theoretisch

$$K = \frac{Q}{4}.$$

Bei n-Rollen ergiebt sich

$$K = \frac{Q}{n} \text{ also } \frac{K}{Q} = \frac{1}{n}$$

Dasselbe Verhältnis zwischen Kraft und Last besteht augenscheinlich auch bei den Anordnungen Fig. 666 und 667. Der Flaschenzug Fig. 666 mit einer festen Rolle f ist zum Aufhängen bei A eingerichtet. Das Seil S wird mit dem einen Ende an den Haken h befestigt und sodann in der Weise weiter geführt, dass es über eine der losen Rollen l, darauf über f und von hier abwechselnd über eine lose Rolle läuft und an eine Flasche sich anschliesst. Wegen der durch diese Zusammenstellung bedingten, sehr verschiedenen Grössen der Rollendurchmesser sind die Seilbiegungswiderstände und die Abstände der Rollen so ungünstig, dass sie selten Verwendung findet. — Bei dem Flaschenzuge Fig. 667 liegen drei feste Rollen f, f, f und drei lose Rollen l, l, l neben einander in parallelen Rahmen a b und c d, wovon a b mittels Haken bei A und B fest aufgehängt ist, während c d die Last Q Q an Haken h h trägt. Man erkennt sofort einen Vorteil dieses Hebezeuges in der Möglichkeit, den sämtlichen Rollen einen gleichen und zwar einen grösseren, für die Seilbiegungswiederstände günstigeren Durchmesser geben zu können. Zum Heben und Senken langer Werkstücke in Werkstätten, auf Bauplätzen und dergl. ist dieser Flaschenzug daher sehr geeignet.

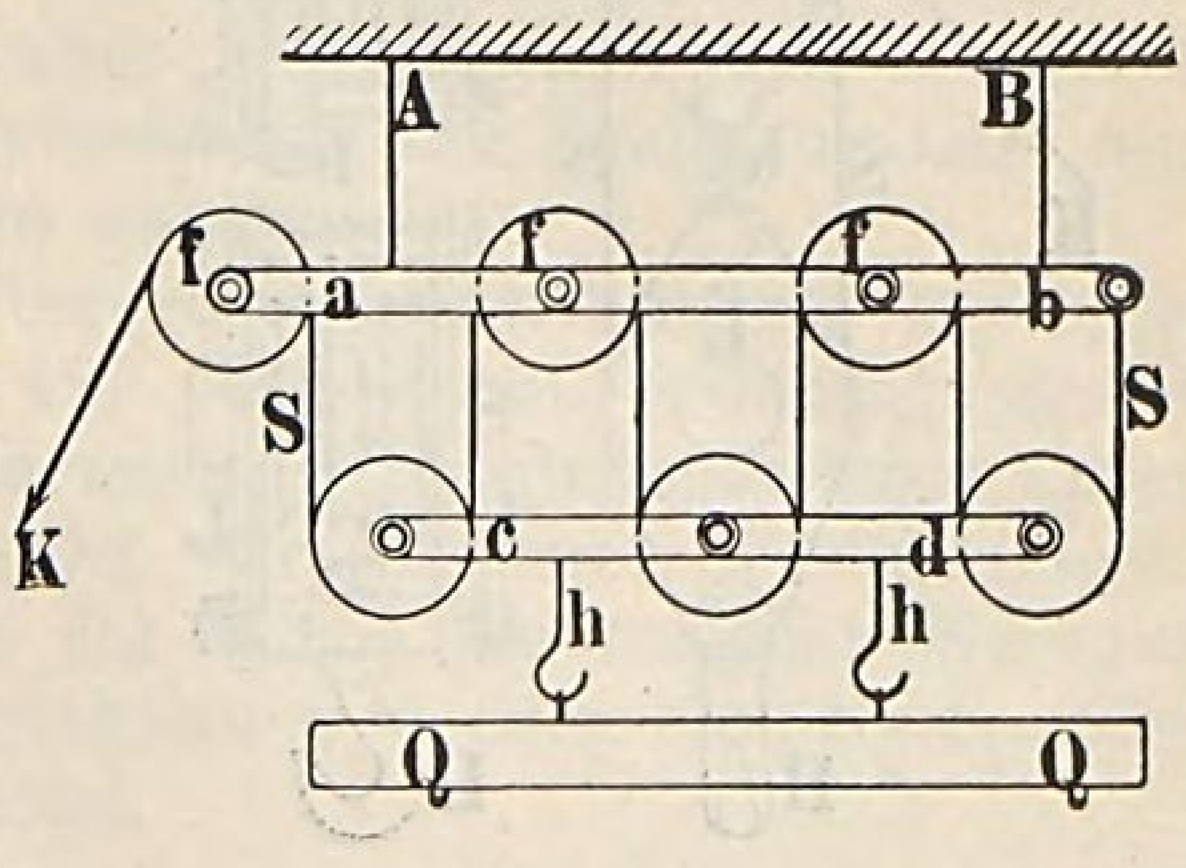


Fig. 667.

Eine weitere Gruppirung entsteht, wenn (Fig. 668) mehrere, z. B. drei feste Rollen f, f, f und ebensoviele lose Rollen l, l, l, derart in Flaschen vereinigt werden, dass sämtliche Rollenachsen in eine Ebene zu liegen kommen. Das Seil S sitzt mit einem Ende fest an der oberen Flasche, umschlingt der Reihe nach die Rollen von unten nach oben, geht zuletzt über die obere feste Rolle und nimmt bei K die Kraft auf, welche ebenfalls wieder gleich ist der Last Q, dividirt durch die Zahl der Rollen. Mit Hilfe des Hakens H kann dieser Flaschenzug an der Gebrauchsstelle aufgehängt werden.

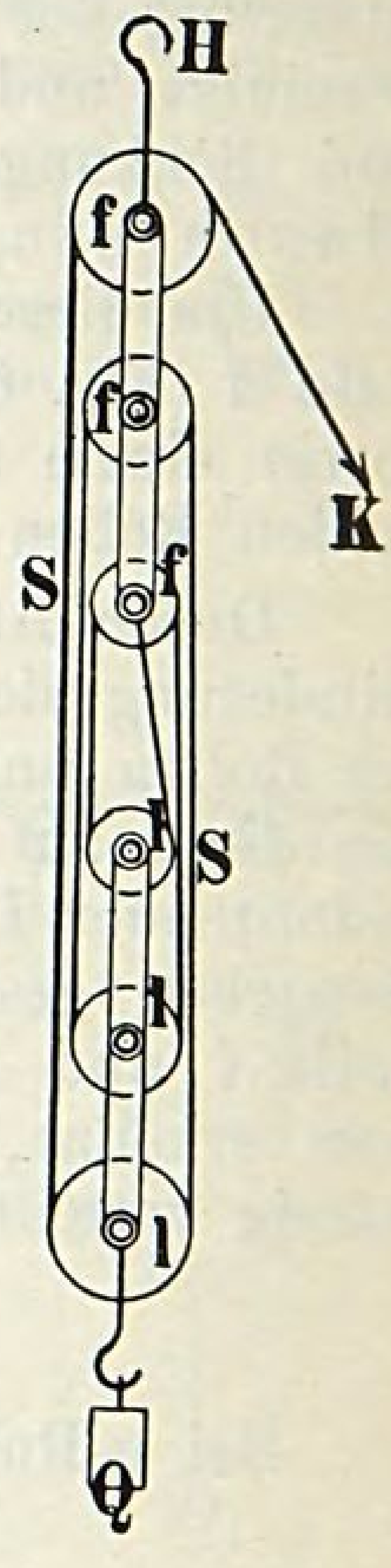


Fig. 668.

Die handlichste und verbreitetste Anordnung eines Flaschenzuges wird dadurch gewonnen, dass man (Fig. 669) feste und lose Rollen je für sich auf eine gemeinschaftliche Achse schiebt, wovon eine in dem Kloben F und die andere in dem Kloben L befestigt ist, so dass sich die Rollen um die Achsen drehen. Die Umschlingung des Seiles S S erfolgt wie bei dem Rollenzug Fig. 668; die obere Flasche ist mittels des Hakens H aufzuhängen, an der unteren Flasche befindet sich ein Haken H zur Aufnahme der Last. — Dieser Flaschenzug bietet unter Anderem den Vorteil, dass sämtliche Rollen gleiche Durchmesser besitzen und in den Flaschen unmittelbar neben einander gelegt auf den kleinsten Raum zusammengedrängt sind.

Als Zugorgan dieses Flaschenzuges dient entweder ein rundes Seil oder eine Kette. Für das Seil erhalten die Rollen halbrunde Rinnen, wie aus Fig. 669 zu sehen ist. Die Kette ist stets zu kalibriren (S. 64) und die zur Aufnahme derselben bestimmte Rolle entsprechend mit Zähnen oder Mulden zu versehen, um das Rutschen

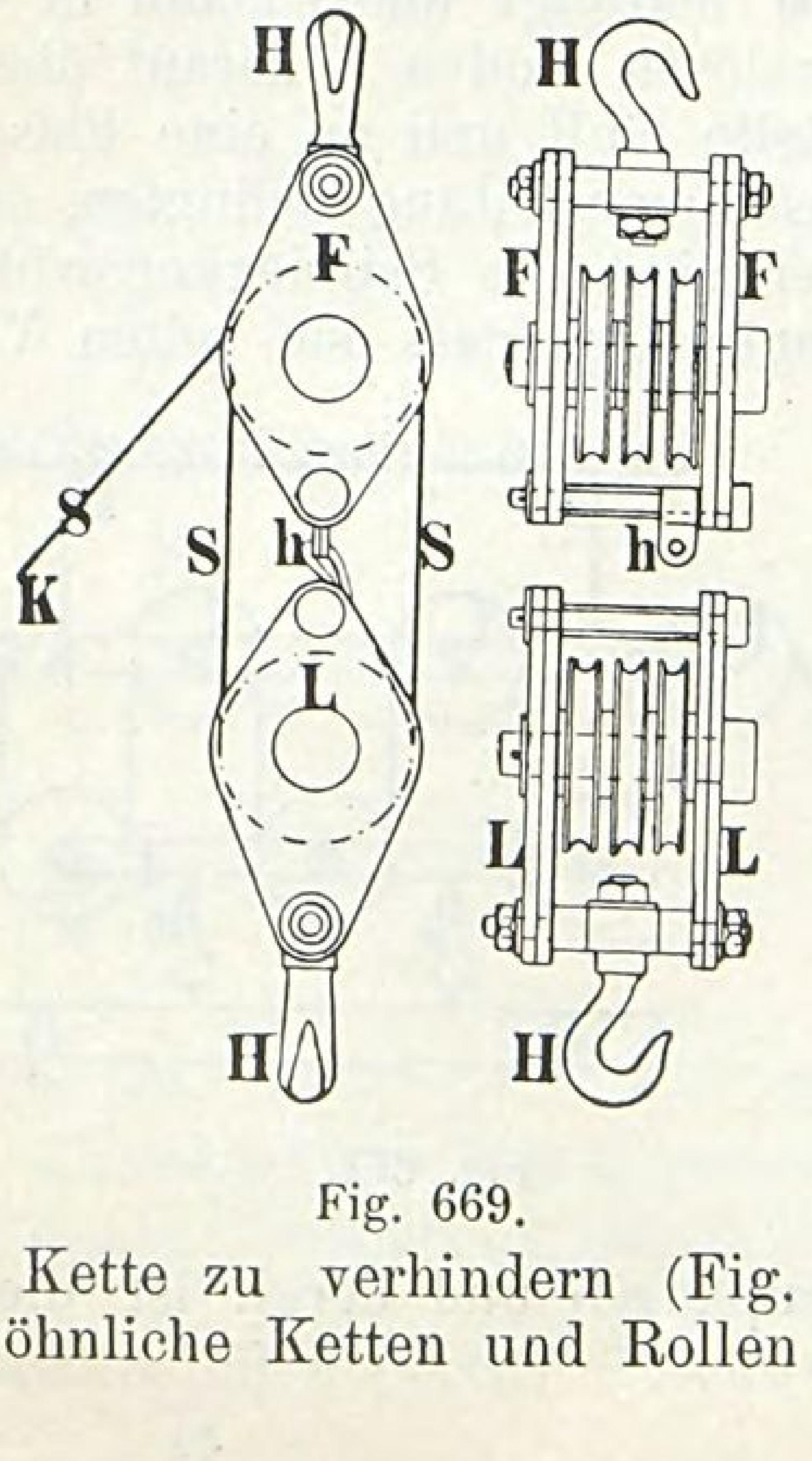


Fig. 669.

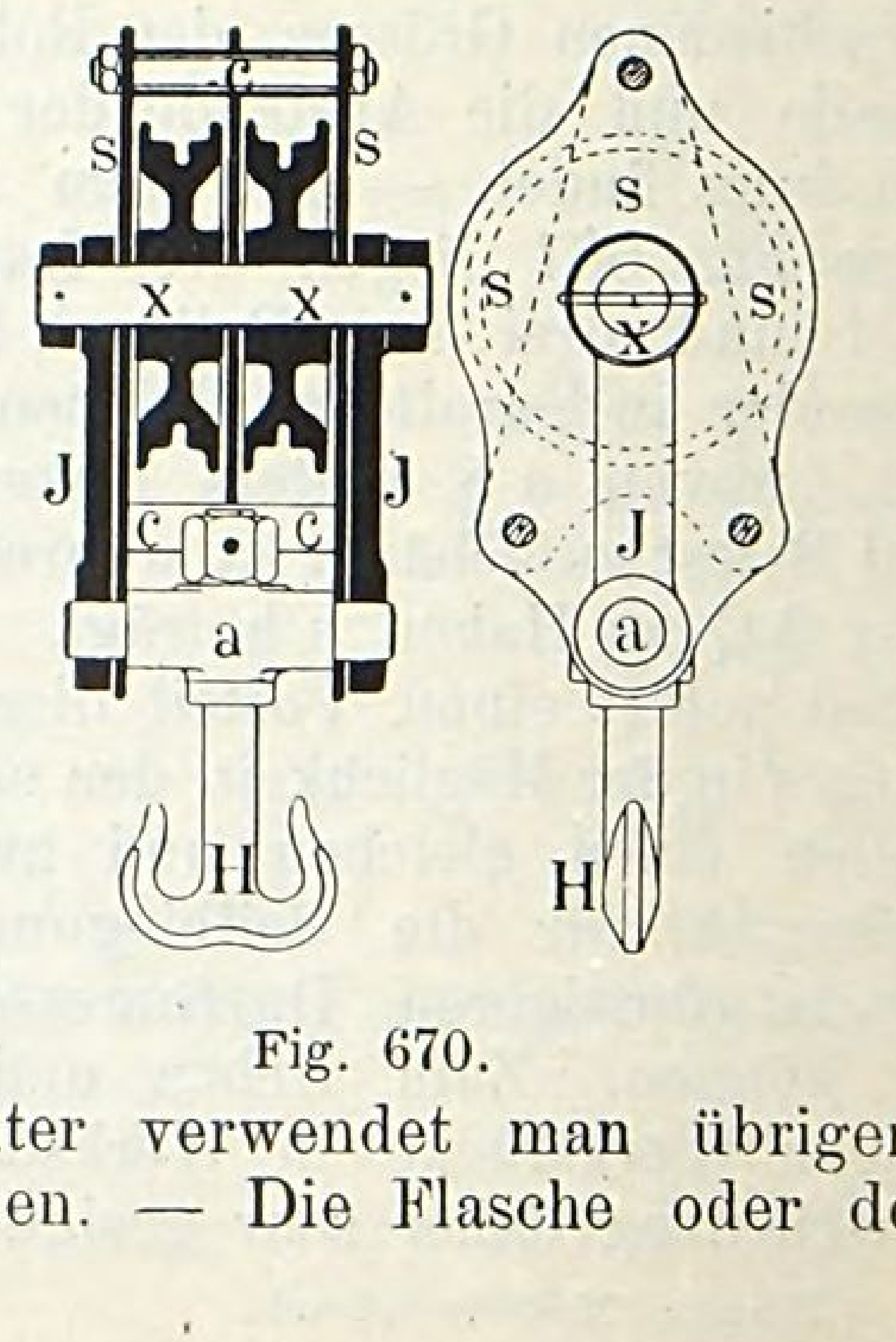


Fig. 670.

der Kette zu verhindern (Fig. 670). Mitunter verwendet man übrigens gewöhnliche Ketten und Rollen mit Keilrinnen. — Die Flasche oder der

Kloben wird vielfach aus Holz, ebenso oft aber aus Eisen angefertigt. Sie besteht im letzten Fall (Fig. 670) aus den zwei Tragschienen J J zur Aufnahme der Rollenachse x x, und der Traverse a mit dem drehbaren Haken H, den Seitenschilden s s s und einer Mittelwand. Die Tragschienen J J werden durch die Achse x x und die Traverse a auseinander- und zusammengehalten. Die Seitenschilde und die Mittelwand haben den Zweck, das seitliche Abrutschen der Kette zu verhindern und bilden dreieckige Blechplatten, welche mit Löchern über die Achse und die Traverse geschoben und durch drei Schraubenbolzen mit übergeschobenen Röhren c, c, c festgehalten werden. — Der Durchmesser der Rollen beträgt in der Regel das Achtfache des Seildurchmessers oder der Ketteneisendicke. — Obwohl sich bequem eine grössere Anzahl Rollen in diesen sog. Kastenflaschen unterbringen lässt, so wird doch der bedeutend erwachsenden passiven Widerstände wegen nur selten die Zahl von vier Rollen in jeder Flasche überschritten.

Der durch Fig. 669 vergegenwärtigte Flaschenzug gestattet neben dem Hauptgebrauch als Hebezeug noch eine vielseitige Verwendung als Zugmittel, da sie ja eine erhebliche Kraftumsetzung zulässt. Man benutzt ihn deshalb z. B. zum Spannen der Schiffsegel, zum Anziehen von Bauteilen im Bauwesen, zum Transport schwerer Gegenstände auf kurzen horizontalen Strecken u. s. w. Einer Benutzung desselben zum Heben und Transportiren längs grosser Strecken steht die Unbequemlichkeit entgegen, welche die hierzu erforderlichen langen Seile mit sich bringen.

Die Bestimmung der Flaschenzüge setzt im allgemeinen zum Betriebe derselben die Muskelkraft des Menschen voraus; mitunter, z. B. zum Aufziehen schwerer Bauteile Balken etc., verwendet man die Kraft der Pferde, die man an das freie Seilende anspannt, oder gespannten Dampf, Druckluft und Druckwasser, indem das freie Seilende mit der Stange eines bewegten Kolbens verbunden wird (S. 787). — Zur Verhinderung von Unfällen sowie zur Sicherung des Betriebes überhaupt ist es sehr geboten, mit den Flaschenzügen Vorrichtungen zu verbinden, welche es ermöglichen, die Förderlast an jeder beliebigen Stelle der Förderstrecke festhalten, sowie ohne Beschleunigung und die damit verbundenen Gefahren senken zu können. Infolge nun des Bestrebens, einerseits die Menschenkraft möglichst vorteilhaft auszunutzen, andererseits die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Flaschenzüge thunlichst zu erhöhen, sind zahlreiche abweichende Konstruktionen entstanden und eingeführt, die aber fast sämtlich dem Gedanken entsprungen sind, ein hohes Übersetzungsverhältnis der Kraft zur Last und eine sog. Selbsthemmung der Last zu gewinnen.

Zur Hervorbringung eines hohen Übersetzungsverhältnisses verwendet man entweder ein Rädervorgelege (S. 48) oder einen Schneckenantrieb (S. 63); zur Hervorbringung einer Selbsthemmung benutzt man eine durch Reibung erzeugte Bremsung (S. 69) in sehr verschiedenen Ausführungen, oder auch eine Sperrvorrichtung, die in der Regel dadurch zur Wirkung gelangt, dass sie das Seil festklemmt (Seilklemme) oder eine Sperr- oder Klemmscheibe (S. 66) zum Stillstand bringt.

Die Einrichtung einer einfachen, und deshalb oft angewendeten Seilklemme (Hewitt) geht aus Fig. 671 hervor. Um den unteren Flaschenbolzen a drehbar hängt ein Bügel a b, der bei b den schwingenden Brems-

backen c c aufnimmt, welcher konzentrisch zu dem Rade R gebogen ist. Zieht man an dem Seile die Last aufwärts, so hebt sich der Backen c c vom Seile ab, indem der Bügel a b nach aussen schwingt; wird das Seil S frei gegeben, so dass sich die Last in der Pfeilrichtung abwärts bewegt, so legt sich der Backen c c auf das Seil und klemmt dasselbe um so stärker ein, je grösser die Last ist. Der Bügel a b wird durch einen Zapfen z, der Backen c c durch einen kleinen Bügel d daran verhindert, zu weit auszuschlagen. — Bei Kettenflaschenzügen verwendet man statt Klemmen gezahnte Fallen, deren Zähne sich in oder zwischen die Kettenglieder legen, wenn die Kette frei gegeben wird, beim Anziehen der Kette aber darüber weggleiten.

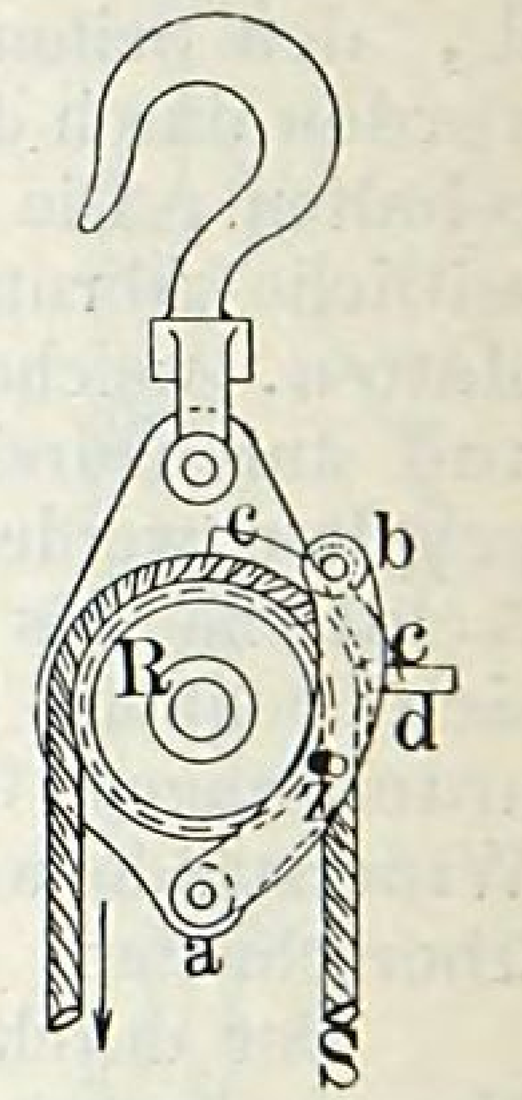


Fig. 671.

Bei zahlreichen Ausführungen von Flaschenzügen benutzt man zur Bremsung, die zwischen den einzelnen bewegten Teilen auftretenden Reibungswiderstände und zwar in Verbindung mit grossen Umsetzungen zwischen Kraft und Last.

Hiezu gehört u. a. der bemerkenswerte Differential-Flaschenzug (Weston) dessen Konstruktionsgrundlage aus Fig. 672 hervorgeht. Die obere feste Flasche besitzt eine Scheibe mit zwei Kettenrinnen von ungleichen Durchmessern 2 R und 2 r, während die untere lose Flasche L nur eine Kettenrinne besitzt. Die Kette S läuft von der Rolle L über die Rolle R, hängt dann bei K S frei abwärts und läuft über r nach L zurück, so dass sie eine endlose Kette bildet. Unter der Annahme, dass Q die an L hängende Last und K die am Seile K S wirkende Kraft ist und die Kettenstränge zwischen den Flaschen parallel sind, befindet sich das System im Gleichgewicht, wenn die Beziehung stattfindet:

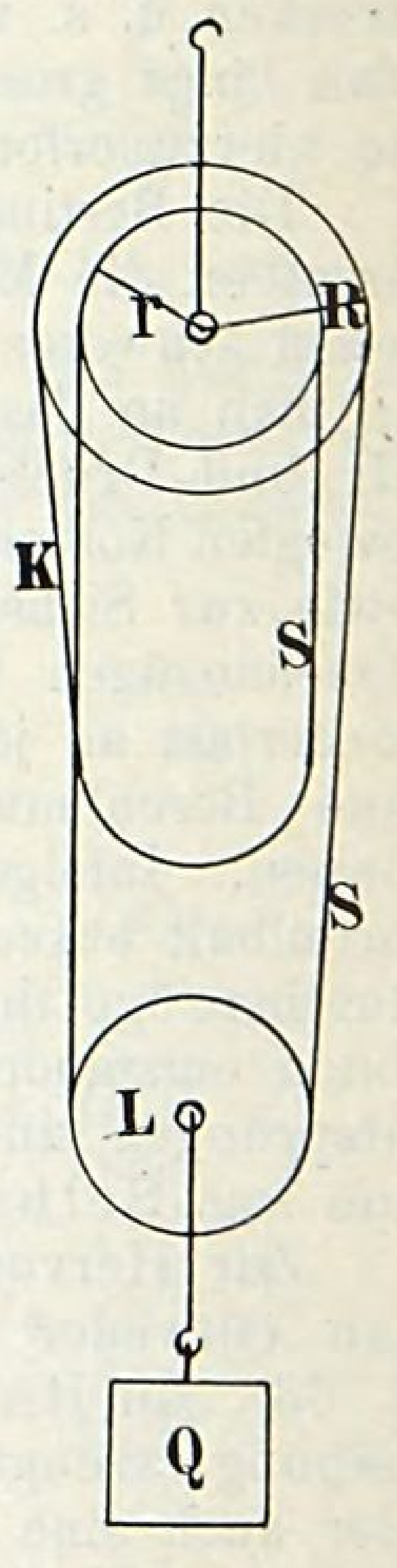


Fig. 672.

$$K R + \frac{Q}{2} r = \frac{Q}{2} R$$

$$\text{also ist } K = \frac{Q}{2}\left(\frac{R - r}{R}\right) = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{r}{R}\right).$$

Wird nun, wie es gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, das Verhältnis $r : R = 9 : 10$ oder $14 : 15$ gewählt, so ergiebt sich:

$$K = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{9}{10}\right) = \frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{10} = \frac{Q}{20} \text{ oder } K = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{14}{15}\right) = \frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{15} = \frac{Q}{30}$$

also eine 20- beziehungsweise 30fache Umsetzung. Betragen nun die Widerstände der Reibung, der Kettenbewegung u s. w. demnach $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{30}$ der Last, so tritt Selbsthemmung ein.

Eine weitere Steigerung der Umsetzung wird durch die in Fig. 673 dargestellte Anordnung gewonnen, an welcher zugleich die gewöhnliche Ausführung eines Differentialflaschenzuges zu erkennen ist. Die Stufenräder R und r bilden ein Stück, das auf einer kurzen Achse festsitzt, die ihre Lagerung in einem T-förmigen Bügel findet, welcher ringartig die Räder umgiebt, um ein Abschlagen der Kette zu verhindern. Die letztere umfasst mit den Strängen 3, 4 das lose oder Lastrad L, welches die Last Q aufnimmt, während die Stränge 1, 2 frei hängen und vermittelst einer Kraft K bewegt, den gewöhnlichen Differentialflaschenzug bilden, mit dem eine Last von 250 bis 2500 kg gehoben werden kann. Auf der oberen Radachse ist sodann noch ein Seilrad S zur Aufnahme eines Zugseiles angebracht, wodurch eine weitere Umsetzung und die Hebung einer Last bis 4000 *kg* ermöglicht wird.

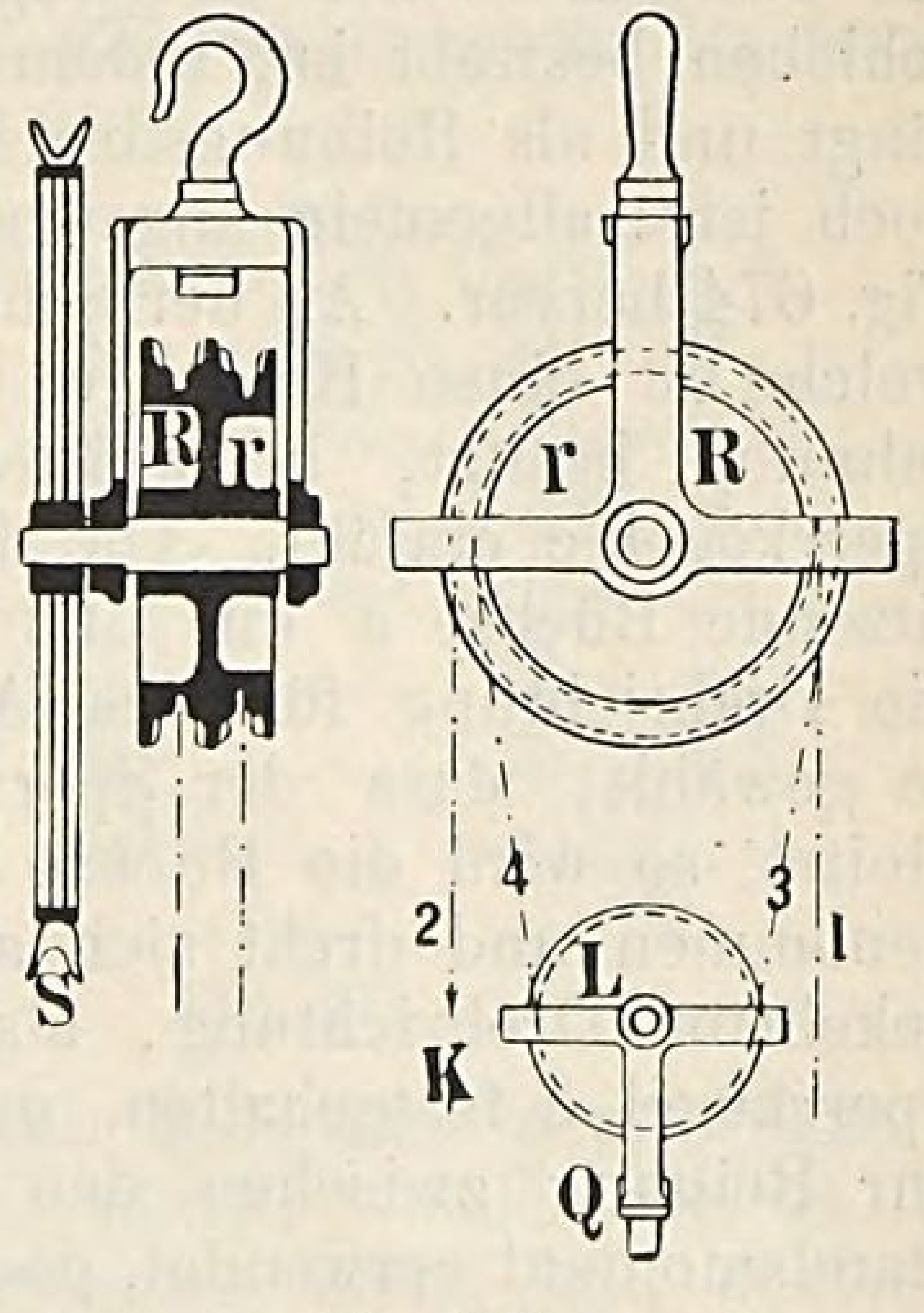


Fig. 673.

Unter den Mitteln, eine grosse Übersetzung zu gewinnen, kann das Wurm- oder Schneckengetriebe als eines der vorzüglichsten umsomehr bezeichnet werden, als sich mit der Anwendung desselben leicht eine selbstthätige Hemmung erreichen lässt. Letztere erfolgt schon dann, wenn

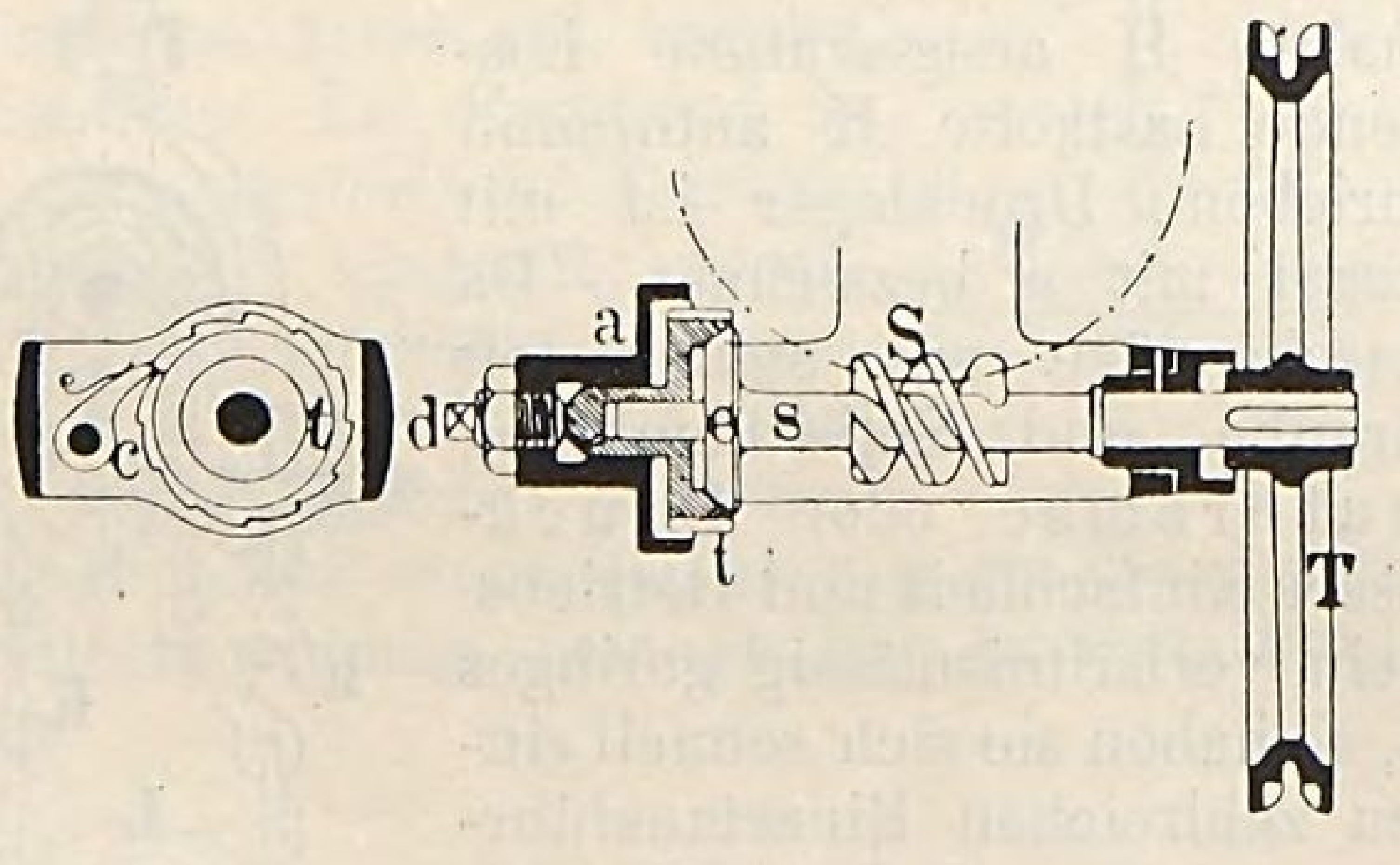


Fig. 674.

(S. 761) der Steigungswinkel der Schnecke etwa 6° beträgt. Mit diesem kleinen Winkel treten aber solche Reibungswiderstände auf, dass der Wirkungsgrad eines solchen S c h r a u b e n f l a s c h e n z u g e s höchstens 40 Prozent beträgt. Vergrössert man jedoch diesen Winkel auf etwa 20°, so steigert sich der Wirkungsgrad auf 65 Prozent. Weil bei diesem Winkel aber die Selbsthemmung ausgeschlossen ist, so sind die Reibungswiderstände auf andere Weise und zwar derart angebracht, dass sie für den Niedergang der Last so gross werden, dass der Rücktrieb der Last

geringer ausfällt, als jene Widerstände. Zu diesem Zwecke benutzt man den Druck, den das Schneckenrad auf die Schnecke und durch diese auf die Schneckenwelle überträgt und letztere in der Achsenrichtung zu verschieben bestrebt ist, indem man diesen Druck in einem Drucklager auffängt und als Reibungsdruck zur Wirkung bringt. Die ursprüngliche und noch jetzt allgemein angewendete Einrichtung hierzu (Becker) geht aus Fig. 674 hervor. An der Schneckenwelle S befindet sich eine Kegelscheibe e, welche in einen Hohlkegel der Büchse t eintritt, die eine Sperradverzahnung besitzt, in welche ein durch eine leichte Feder angedrückter Sperrkegel c einfällt. Die Büchse t tritt in eine am Flaschengestelle festsitzende Büchse a ein und zwar gegen eine Druckschraube d. Ist nun die Drehrichtung für das Aufziehen der Last mittels des Kettenrades T so gewählt, dass der Sperrkegel c hierbei über die Sperrzähne hinweggleitet, so wird die Büchse b von der Kegelscheibe e durch Reibung mitgenommen und dreht sich auf der Spitze der Druckschraube d. Bei umgekehrter Drehrichtung, also beim Senken der Last, wird t von dem Sperrkegel e festgehalten, der ganze von der Welle s aufgenommene Druck zur Reibung zwischen den Kegeln c und t und somit zu einem Widerstandsmoment verwendet, dessen Grösse sich der Last, die den Druck auf die Schnecke S ausübt, ohne weiteres anpasst.

Einen mit dieser Drucklagerbremse ausgestatteten Schraubenflaschenzug (Becker) zeigt die Figur 675. In der vermittelst des Hakens H aufzuhängenden Flasche sitzen auf einer Welle das Schneckenrad R und das Ketten- oder Daumenrad F. In R greift die Schnecke S ein, welche von der Kettenscheibe J in Umdrehung versetzt wird, während F die bei h eingehängte, über die mit dem Lasthaken H ausgestattete Losscheibe L laufende Lastkette K aufnimmt. Das oben beschriebene Drucklager ist mit a c, der Sperrkegel mit e bezeichnet. Da die Schraubenflaschenzüge mit steiler (oft zweifacher) Schraube und Selbsthemmung durch Rücklaufbremse oder Drucklager neben grosser Einfachheit und Betriebssicherheit doch ein verhältnismässig geringes Gewicht besitzen, so haben sie sich schnell eingebürgert und zu zahlreichen Einzelausführungen Veranlassung gegeben (S. Fig. 775 u. f.)

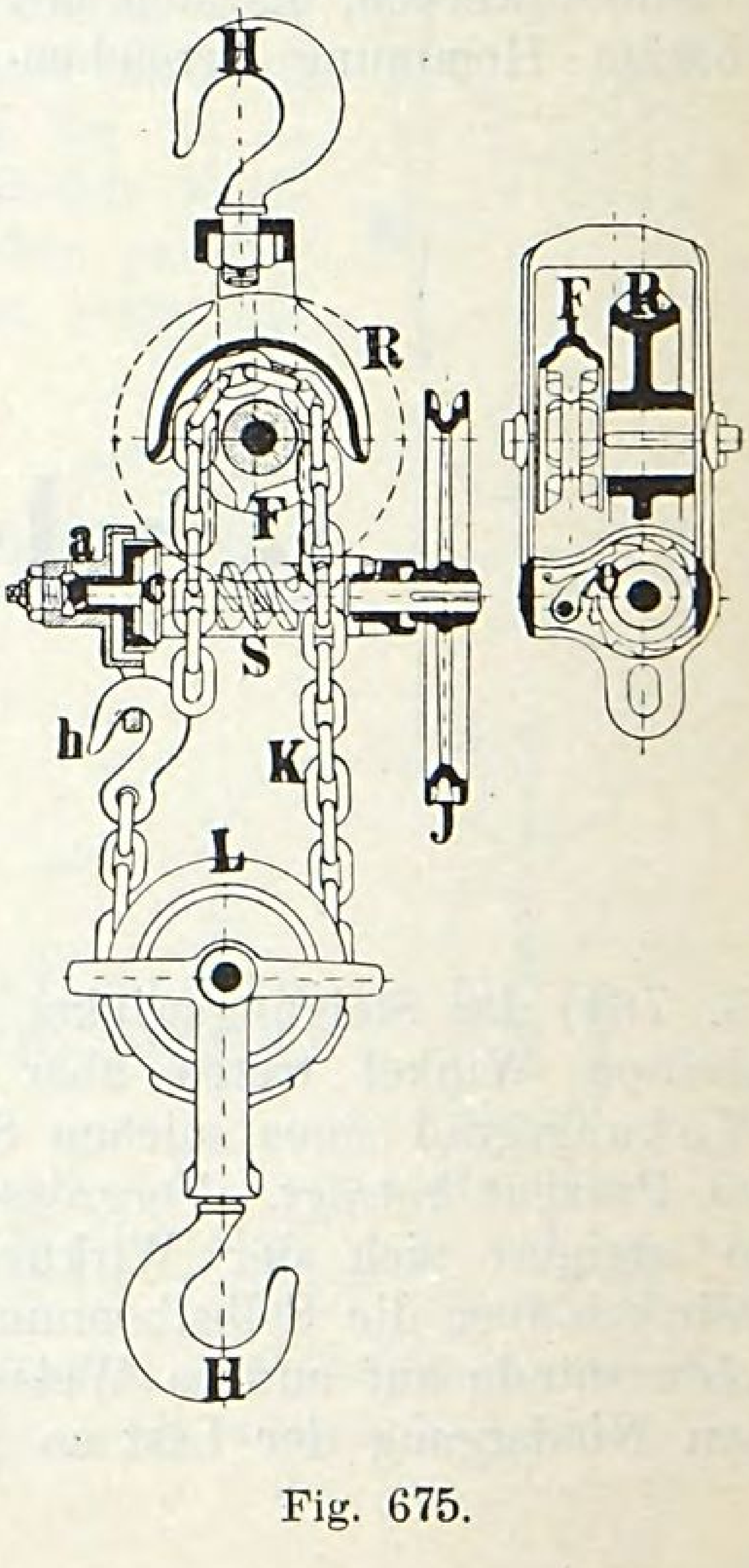


Fig. 675.

Sehr häufig werden die Flaschenzüge derart aufgehängt, dass sie gestatten, die in in der Schwebe gehaltenen Lasten z. B. Arbeitsstücke auch horizontal zu bewegen, indem man sie mit Rollen in Verbindung bringt, die auf horizontalen Trägern laufen. Die einfachste Anordnung mit nur einer

Rolle zeigt Fig. 676. Die mit Rändern versehene Rolle R läuft auf dem einfachen Eisenträger B und trägt zwei abwärts gerichtete Schienen C C zur Aufnahme eines Bolzens H, über den man den Haken des Flaschenzuges hängt. Vorteilhafter ist die durch Fig. 677 vergegenwärtigte sogen.

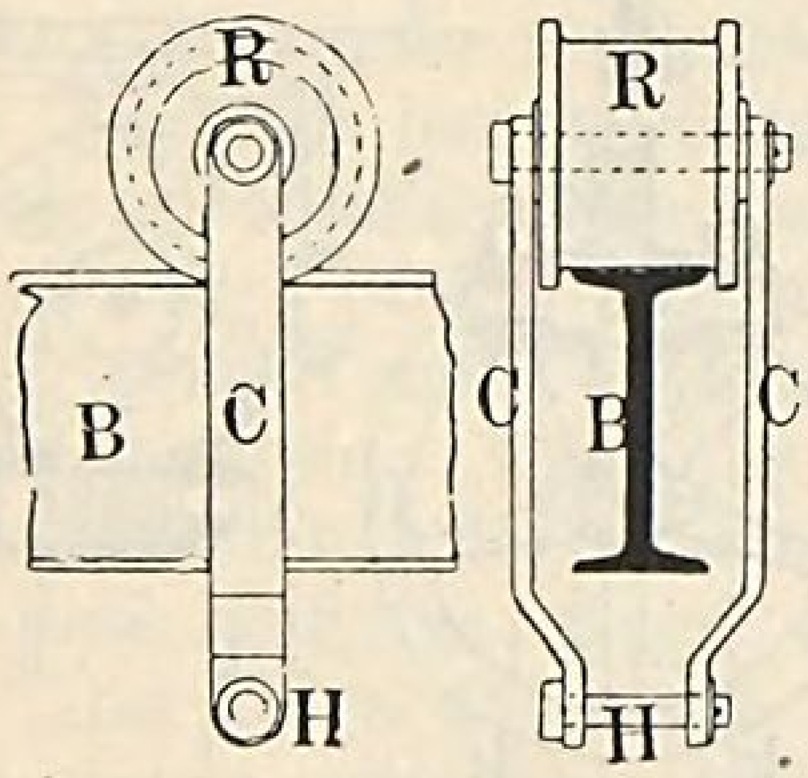


Fig. 676.

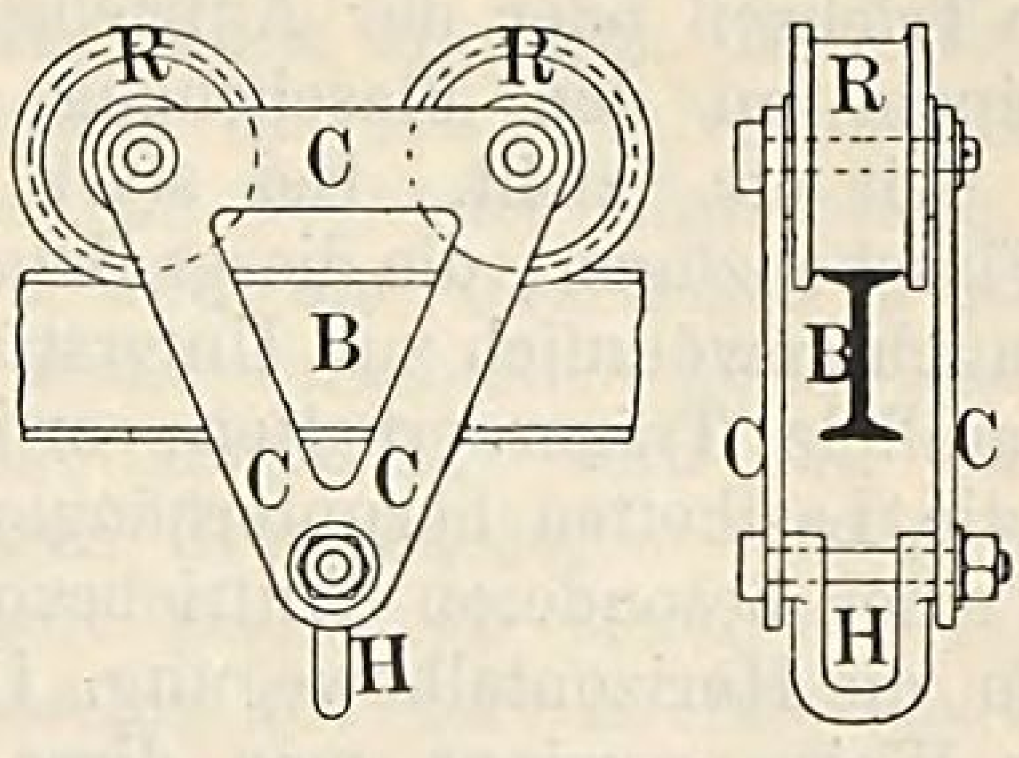


Fig. 677.

Katze oder Laufkatze, bei welcher 2 Rollen R R auf dem Träger B laufen und in dem dreieckigen Bügel C C C sitzen, welcher bei H den Flaschenzughaken aufnimmt. Wenn der Flaschenzug nicht dazu bestimmt ist, ein- und ausgehängt zu werden, so verbindet man ihn zweckmässig dauernd mit der Laufkatze, indem man diese selbst als Flasche benutzt. Eine sehr empfehlenswerte Anordnung dieser Art führt Fig. 678 vor Augen. Der aus zwei Schilden als Flasche ausgebildete Rollenträger C ruht mit zwei Rollen R R auf dem Tragbalken B und nimmt unten die kurze Achse auf, welche zwischen den Schilden das Kettenrad k und ausserhalb das Schraubenrad T trägt, in das die Schnecke S eingreift, deren Achse in den an C angegossenen Büchsen D D gelagert ist. Zur Umdrehung der Schnecke dient ein Handrad H, das mittels einer Stange l und eines Gelenkes g an die Achse der Schnecke S gehängt ist. Selbsthemmung erzeugt die letztere infolge ihres kleinen Steigungswinkels.

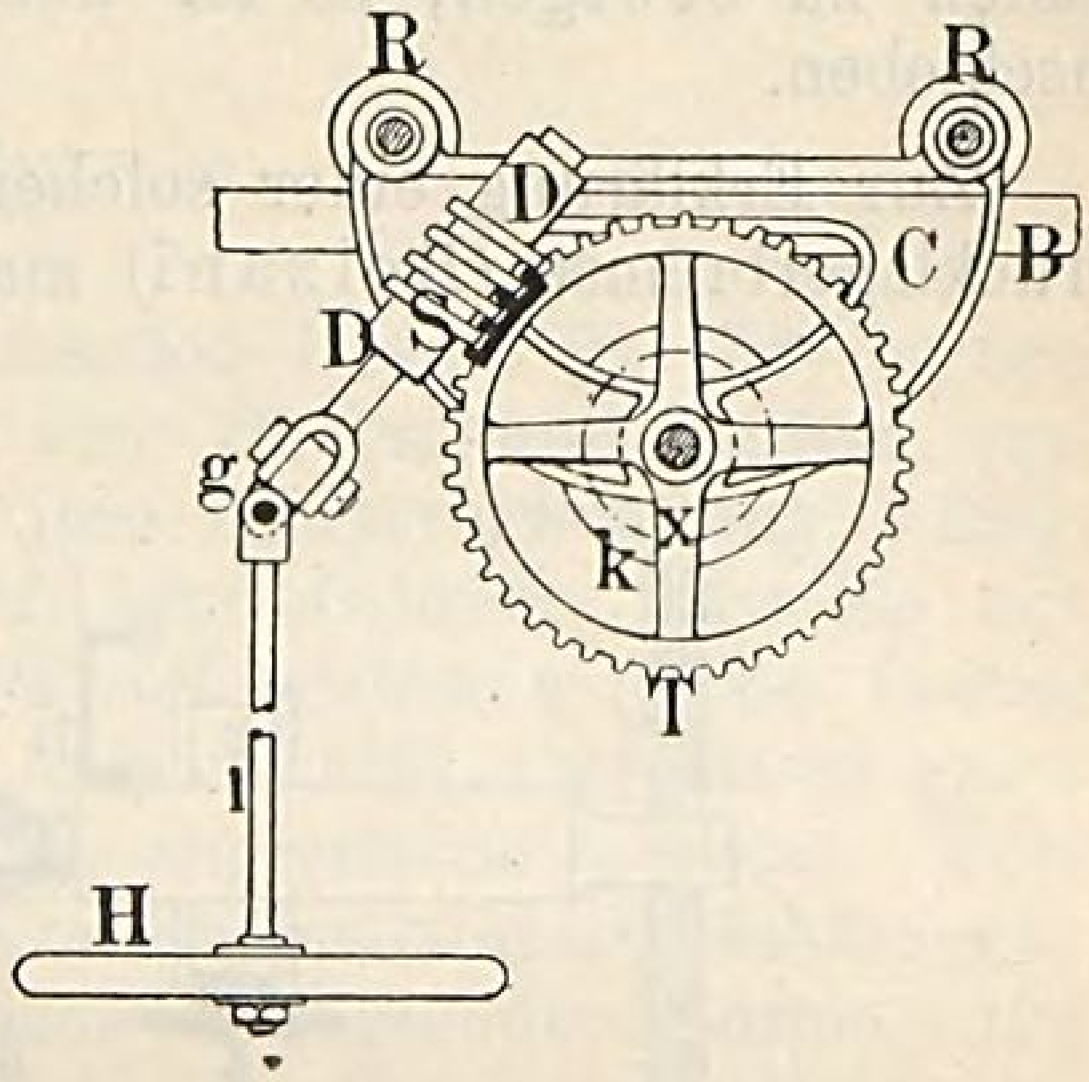


Fig. 678.

In Fig. 679 ist die Anordnung einer Laufkatze mit einem Schrauben-Flaschenzug dargestellt, welcher mittels eines Bügels b scharnierartig in das von den zwei Laufrädern r r getragene Gehänge a eingehängt wird. Der Bügel b b nimmt ein Gehäuse c c auf, in dem eine Achse x gelagert ist, welche in der Mitte das Schneckenrad S und daneben die zwei Kettenräder s s trägt. In der unteren Verlängerung dieses Gehäuses befindet sich die Achse y mit der Schnecke i und dem Seilrad R, welches durch ein Seil von Menschenhand in Drehung versetzt, die Bewegung der an den Ketten k k hängenden Last Q herbeiführt, wobei zugleich wieder die Schnecke zur Selbsthemmung dient. Zur Stützung des Flaschenzuges ist

eine Flachschiene B gewählt, welche derart befestigt werden muss, dass kein seitliches Durchbiegen oder Umkippen eintreten kann.

Kleinere Flaschenzüge lassen sich mittels Laufkatzen auf horizontalen Trägern einfach mit der Hand bewegen, indem man an dem Triebseil oder der Antriebsstange oder einem an den Flaschenzug angehakten Seil etc. zieht. Bei stark belasteten Flaschenzügen, die dieser Belastung wegen auch gewöhnlich zur Unterstützung zwei parallele Träger erhalten, zwischen denen die Lastketten herunterhängen, bedürfen einer besonderen Antriebsvorrichtung für die Horizontalbewegung. In einfachster Weise gewinnt man diese Vorrichtung dadurch, dass man auf der verlängerten Achse der Laufrollen ein grösseres Seilrad aufsteckt und dieses mittels eines frei nach unten hängenden endlosen Seiles dreht. Sind sehr bedeutende Lasten zu bewegen, so ist noch eine Übersetzung durch Zahnräder einzuschieben.

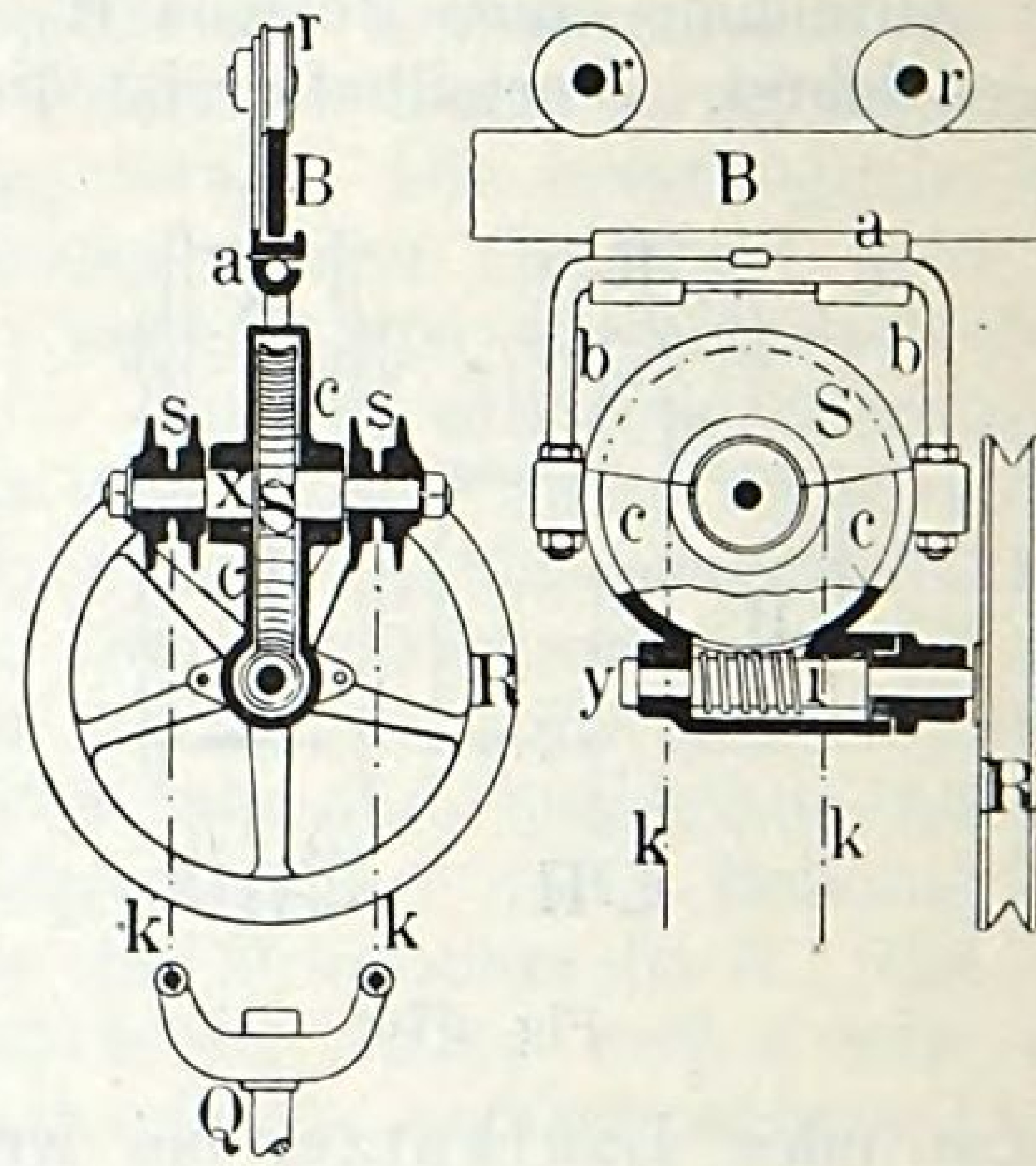


Fig. 679.

Zur Erklärung einer solchen Laufkatze mit Schraubenflaschenzug und Drucklagerbremse (Bolzani) mag die in Fig. 680 dargestellte Anordnung

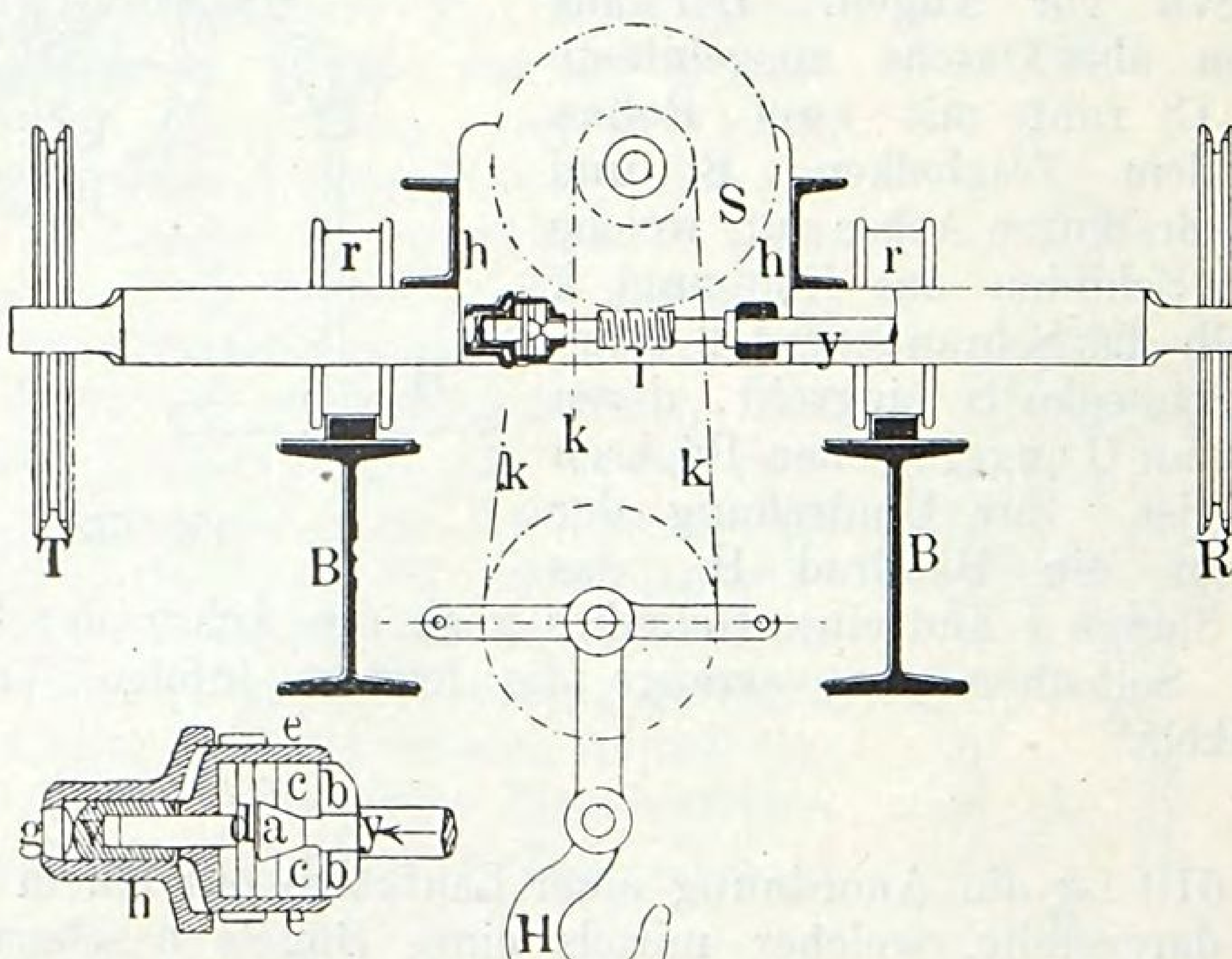


Fig. 680.

dienen. Die Flasche besteht aus zwei kurzen U-Trägern h h, welche mit zwei Seitenplatten verbunden sind, in denen sich die Lager für das Kettenrad und Schraubenrad S befinden. Die Querträger h h ruhen auf 2 Längsträgern die einen Rahmen bilden und zwei paar Laufräder r r aufnehmen, die auf den Tragbalken B, B laufen. Die verlängerte Achse des einen

Räderpaares nimmt das Kettenrad T auf, welches auf oben erklärte Art mittels einer endlosen Kette von Hand bewegt wird und die Laufräder mit in Umdrehung setzt. In dem gegenüberliegenden Teil des Rahmens ist eine Achse y gelagert, auf der die in das Schneckenrad S eingreifende Schnecke i und das Kettenrad R sitzt, das ebenfalls von einer endlosen Kette gedreht, die Hebung der unteren Flasche nebst Lasthaken H durch die Kette k k k bewirkt Zugleich besitzt dieser Flaschenzug die aus der Nebenzeichnung ersichtliche selbstthätige Drucklagerbremse von folgender Einrichtung. Die Schneckenachse y trägt einen Bund b b und ein Kegelstück a an der Scheibe d, welche mit a sich längs der Welle verschieben lässt, aber sich mit derselben dreht. Der in y vorhandene Längsdruck wird nun von dem Bunde b b auf die beiden halbringförmigen Bremsbacken c, c übertragen, so dass diese auf den Kegel a und somit gegen die Muffe e e gepresst werden. Die Folge davon ist eine Bremsung an der inneren Fläche der Muffe e e sowie zwischen der Platte d und der ebenen Fläche von e e, während die weitere Druckübertragung von der Bremsmuffe durch die lose Büchse v auf den Spurzapfen g in dem festen Gehäuse h übergeht. Wird nun bei dem Senken der Last durch Einfallen eines Sperrzahnes in das Sperrad auf e diese Muffe an der Mitdrehung verhindert, dann tritt in der oben beschriebenen Weise eine Bremsung ein, welche der Last proportional ist.

V. Räderwinden.

Die zur Aufnahme von Muskelkraft dienenden Haspel (S. 733) eignen sich ihrer ganzen Anlage nach besonders zum Heben und Senken von Lasten und finden daher zu diesem Zwecke ihre Hauptverwendung. Eine Beschränkung erfahren dieselben im Gebrauch aber dadurch, dass sie nur eine geringe Kraftübersetzung gewähren und infolgedessen grosse Lasten zu bewegen allein dann gestatten, wenn die Angriffshebel übermässig gross gewählt oder wenn sie von mehreren Menschen angetrieben werden. Versieht man sie jedoch mit entsprechenden Kraftübersetzungsvorrichtungen, so erweisen sie sich vorzüglich zur Förderung bedeutender Lasten mit Aufwand von Muskelkraft brauchbar, weshalb sie in dieser Form die weitgehendste Verwendung finden.

Als Kraftübersetzungsmittel steht hierbei in erster Linie ein Zahnradvorgelege, woraus sich die allgemein übliche Benennung Räderwinden ergiebt. Erfolgt die Übersetzung mittels Reibungsräder oder Schneckengetriebe, so heissen sie Reibungswinden und Schneckenwinden. Wie die Haspel sind die Räderwinden, von wenigen Ausnahmen abgesehen, mit Trommeln ausgestattet, auf welche das Seil oder die Kette sich in Schraubenlinien aufwickelt, wonach sie auch Trommelwinden genannt werden.

Die Unterbringung der einzelnen Teile einer Räderwinde erfolgt entweder in einem freistehenden Bockgestelle (Bockwinde) oder in einer mit einer Wand zu verbindenden Konsole (Wandwinde); wird eine Bockwinde auf Laufräder gestellt, so entsteht die fahrbare Winde.

Zum Antriebe der Räderwinden dient ganz allgemein die Kurbel in der Form der Handkurbel (Fig. 57, S. 31) und zwar einfach oder doppelt (ein- oder zweimännige Winden.) — Mitunter werden die Winden von

einer Transmission mittels Riemen oder von einer oszillirenden Dampfmaschine angetrieben, indem die Kolbenstange an einem Zapfen angreift, der an Stelle der Handkurbel angebracht ist.

Dieselben Gründe, welche S. 771 für Ausstattung der Flaschenzüge mit Hemmungen aufgeführt sind, gelten auch für Kurbelwinden, weshalb letztere stets mit Vorrichtungen versehen werden, welche ein unbeabsichtigtes Rückdrehen der Trommeln verhindern und ein entsprechend schnelles Herablassen einer Last ohne Beschleunigung ermöglichen. Diese Vorrichtungen bestehen in Sperrwerken und Bremswerken.

Damit ferner beim Abwickeln des Seiles eine Rückdrehung der Kurbel vermieden wird, tritt eine Auslösung in Thätigkeit, welche entweder die Kurbel oder das Rädergetriebe ausrückt, und damit die Kurbeln bei einer unvorhergesehenen Vor- oder Rückdrehung den Arbeiter nicht bedrohen, erhalten sie zweckmässig die Einrichtung sog. Sicherheitskurbeln, die in zahlreichen Ausführungen vorkommen, aber sich dadurch kennzeichnen, dass vermöge einer entsprechend gewählten Verbindung mit der Welle während des Herunterlassens der Last ihre Mitnahme unterbleibt. Diese Verbindung besteht daher in einer lösbaren Kupplung vermittelst Gesperre, Klauen, Mitnehmer, Klemmen oder Reiborgane, die beim Heben oder Festhalten der Last geschlossen, beim Niederlassen gelöst wird. In der Regel ist die Einrichtung der Sicherheitskurbeln in der Weise getroffen, dass die Ausrückung selbstthätig erfolgt und beim Niederlassen der Last die Kupplung als Bremse und die Windekurbel als Bremshebel dient.

Die Sperrwerke erhalten in der Regel die S. 66 Fig. 115 erklärte Einrichtung, indem auf der Kurbelwelle ein Sperrad und am Gestelle eine Sperrklinke angebracht wird, die in das Sperrad einfällt. — Zur Vermeidung des beim Aufwinden unaufhörlich ertönenden Schnarrens, durch das Einfallen der Sperrklinke, trifft man allgemein die Anordnung der geräuschlosen Sperrwerke, die nur beim Niederlassen oder Stillstehen der Last in Wirksamkeit treten und auf dem durch Fig. 681 vergegenwärtigten Prinzip beruht. Die Welle w, mit welcher das Sperrad s fest verbunden ist, besitzt eine halbkreisförmige Nut zur Aufnahme einer aus starkem Stahldraht hergestellten Feder a e, welche die Welle fest umschliesst. Das radial gestellte Ende e dieser Feder greift in einen Einschnitt der durch das Gegengewicht g ausgeglichenen Sperrklinke k. Dreht sich nun die Welle w, so nimmt sie die Feder durch Reibung mit, so dass bei der Drehung in der Pfeilrichtung, entsprechend der Lasthebung, die Klinke in die gezeichnete Stellung abgehoben, bei umgekehrter Richtung jedoch, also beim Niederlassen oder Anziehen der Last sofort zum Eingriff gebracht wird.

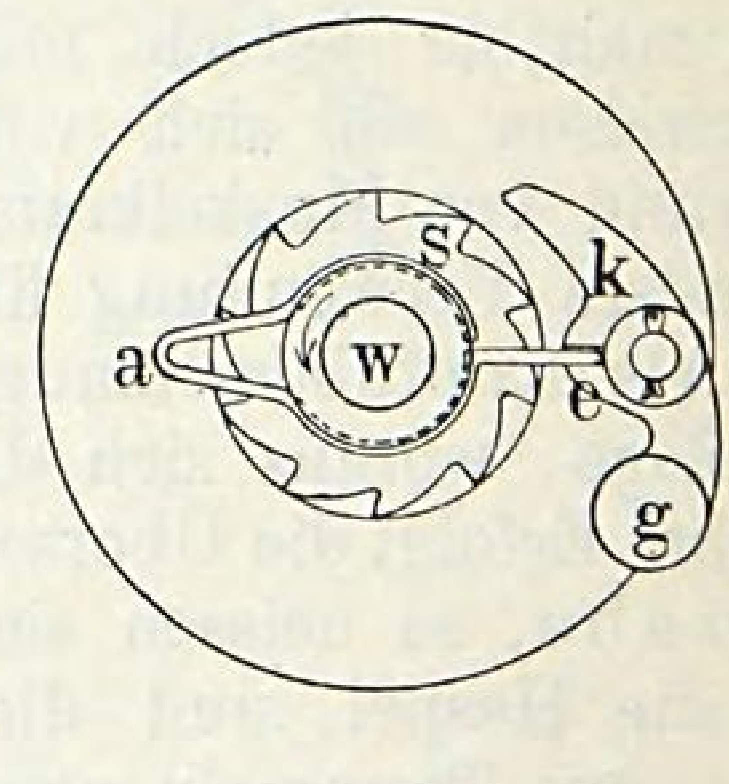


Fig. 681.

Die Kupplung, welche die Kurbel als Sicherheitskurbel charakterisirt, ist am häufigsten eine Reibungskupplung in der Ausführung, dass die Lastkurbel zugleich als Bremskurbel funktionirt, wenn man sie rückwärts bewegt. Zur Hervorbringung der Reibung wirkt bei zahlreichen Winden eine Ringfeder (Megy), die indirekt mit der Kurbel verbunden ist

und während der Hebung der Last vermöge ihrer Spannkraft sich an die Innenfläche einer Trommel mit dem Triebrad anlegt und diese mitnimmt. Beim Niederlassen der Last wird diese Ringfeder durch Rückdrehung der Kurbel soweit gelüftet, dass zwischen ihr und der Trommel nur soviel Reibung bleibt, als zur Bremsung erforderlich ist. — Eine andere Einrichtung (Klein) besteht dem Wesen nach aus mehreren Stahlscheiben, welche entsprechend zwischen Kurbel und Trieb eingeschaltet sind, beim Lastheben aneinander gepresst, beim Lastniederlassen gelüftet werden. — Auch die S. 773 Fig. 674 beschriebene Drucklagerbremsung findet in vielfachen Ausführungen an den Räderwinden Verwendung.

Unter den selbstthätigen Bremsen müssen die durch Zentrifugalkraft wirkenden Reibungsbremsen, die sog. Schleuderbremsen, besonders hervorgehoben werden, die beim Niederlassen der Last in Wirkung treten, sobald die normale Umdrehzahl der Windetrommel überschritten wird und nach dem Gesetze der Zentrifugalkraft um so kräftiger bremsen, je mehr die die Geschwindigkeit wächst. Sie bestehen mitunter aus Zentrifugalregulatoren (S. 250) deren Stellzeug direkt an einen Bandbremshebel angeschlossen ist. Häufiger jedoch erzeugt man die Bremskraft durch Massen, die mit der Bremswelle rotiren und infolge der hierdurch entstehenden Fliehkraft sich an die innere Wand einer scheibenartigen, konzentrisch um die Triebwelle gelegten aber an der Mitdrehung verhinderten Büchse anpressen und somit den zum Bremsen erforderlichen Reibungswiderstand hervorbringen.

Als Schleudermassen benutzt man oft (Fig. 682) frei bewegliche Sektoren S von Blei, die von einer Ringfeder r umschlossen, und von einer gefächerten Scheibe oder von Mitnehmern an der Bremswelle in Drehung versetzt werden und die Ringfeder anpressen. Häufiger jedoch stehen Eisenstücke in Gebrauch, die zugleich nach Art eines einfachen Hebels die Zentrifugalwirkung um ein gewisses Hebelverhältnis vermehrt zum Andruck bringen.

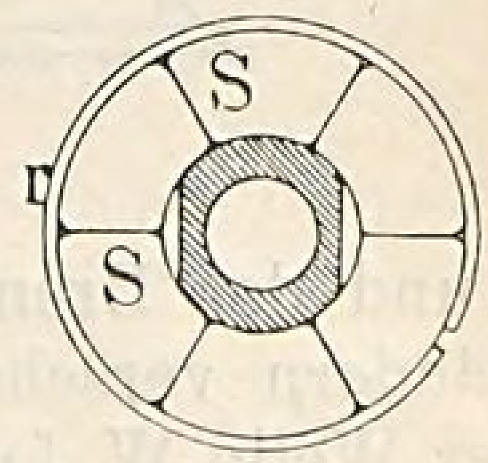


Fig. 682.

Die in Fig. 683 skizzirte sog. „Geschwindigkeitsbremse“ (Becker) kann als Muster dieser Bremsgattung gelten. Die mit B bezeichneten Bremsklötze haben eine sichelförmige Gestalt und hängen um Zapfen a drehbar an einer runden Scheibe S, welche auf der Treibwelle festgekeilt ist. Neben dieser Scheibe S liegt eine zweite, welche mit dem Flansch R über S hinweggreift und an dem Windengestell durch Schraubenbolzen befestigt, also an der Drehung verhindert ist. Die Bremsklötze B legen sich mit kleinen Flächen i, i, i an die innere Fläche des Scheibenflansches R an und zwar mit um so grösserem Drucke je mehr die Geschwindigkeit der Treibwelle zunimmt. Bezeichnet man die Schwerpunktlage eines Klotzes mit s, so kommt die Fliehkraft um das Hebelverhältnis sa : ia vergrössert an der Mittellinie der Druckfläche i zur Wirkung. In der Regel beträgt dieses Verhältnis 8 : 1

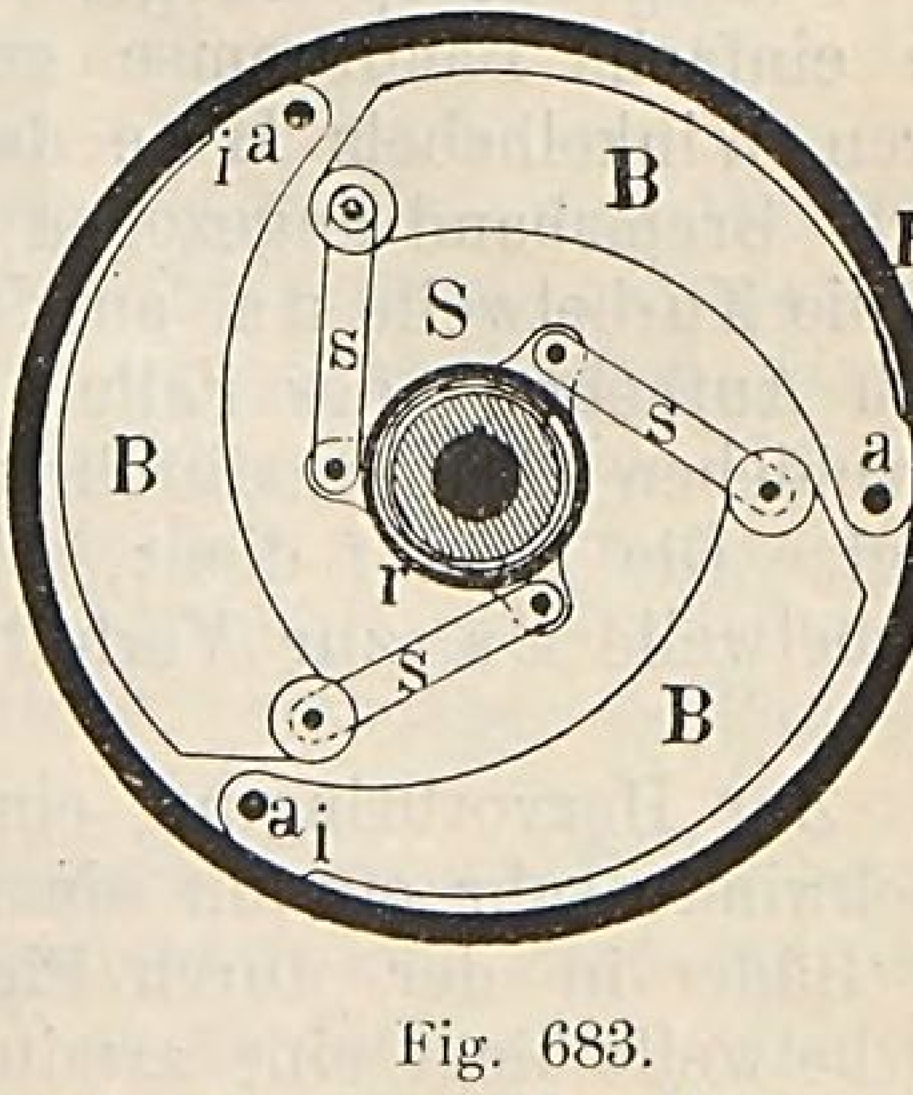


Fig. 683.

bis 12:1, so dass eine 8 bis 12fache Übersetzung vorhanden ist. Zur Ausgleichung der Klotzgewichte und Vermeidung ungleichmässigen Anschlagens sind die Bremsklötze B vermittelst kleiner Schienen s, s, s an einen Ring r angeschlossen, der im Innern eine Wickelfeder besitzt, die mit einem Ende an den Ring, mit dem anderen Ende an der Nabe der Scheibe S festsitzt und zwar in der Weise, dass sie die Bremsklötze vom Umfang des Randes abzieht, und dadurch den Bremswiderstand beim Heben der Last und langsamer Rückbewegung aufhebt.

Die gewöhnliche Bockwinde besteht (Fig. 684) aus den zwei gusseisernen Rippengestellen G, G, welche durch die drei Querstangen b, t, t mit einander zu einem Bock verbunden sind, der Trommel T, dem Vorgelege c, d, der Kurbel K mit der Kurbelwelle a a, der Sperrung k, s der sog. Falle

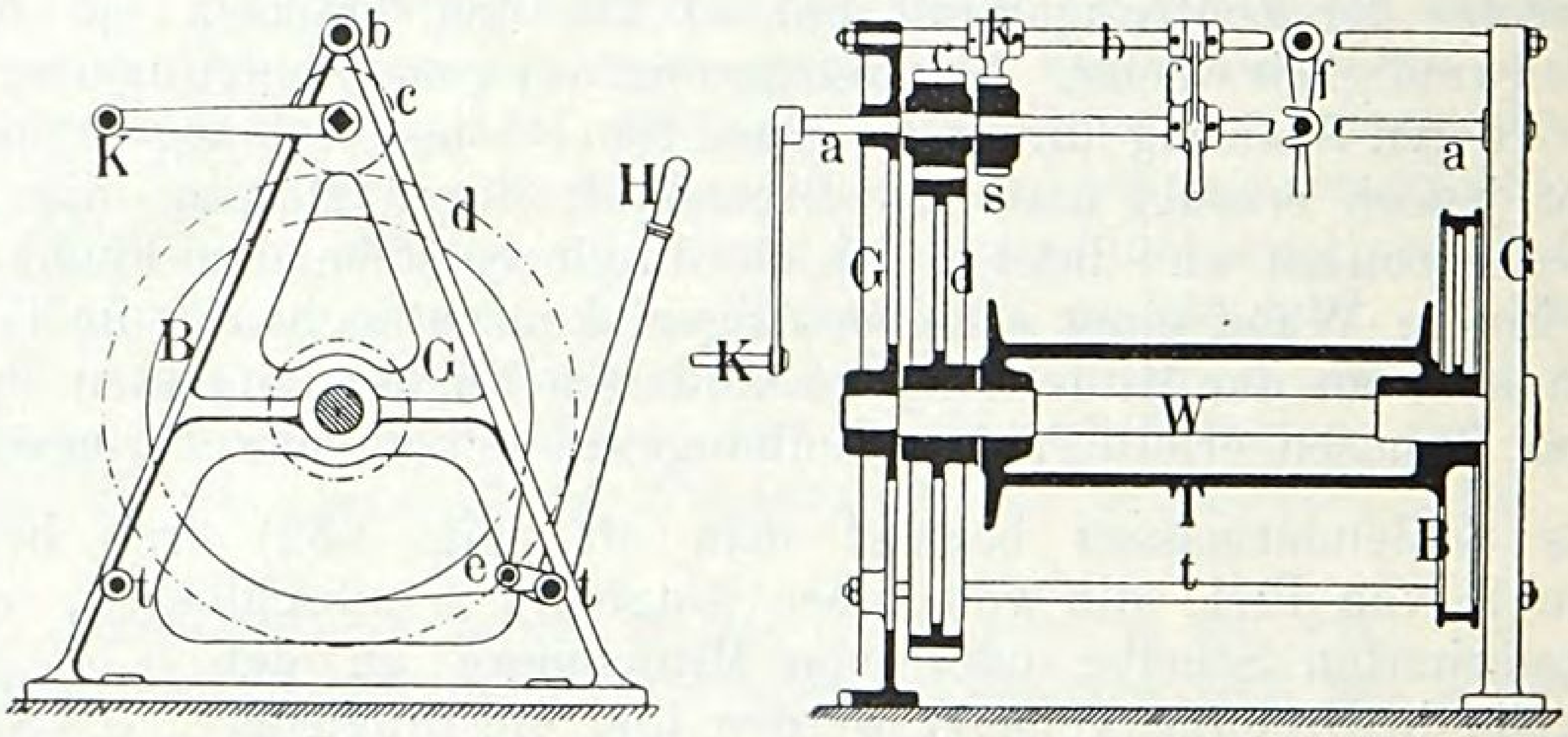


Fig. 684.

f und der Bremse H mit Bremsscheibe B. — Die Trommel T ist ein mit Rändern versehener hohler Gusseisencylinder, der mit starken Naben auf der Welle W festsitzt, die in dem Bock ihre Lagerung findet und ausserdem die Bremsscheibe B und das grosse Zahnrad d aufnimmt, in welches das Triebrad c eingreift. Letzteres befindet sich auf der durch die Kurbel K angetriebenen Kurbelwelle a a, die bei s ein Sperrad trägt, in welches der auf b hängende Sperrkegel k einfällt. Als Bremse ist hier wie gewöhnlich die einfache Bandbremse gewählt, bei welcher mittels des um t drehbaren Winkelhebels H t e das um B herumgelegte und bei t und e befestigte Bremsband angezogen werden kann. Um die Kurbel auszurücken, ist die Kurbelwelle a a, an dem Kurbelende soweit verlängert, dass sie sich nach Aufhebung der Falle f um etwas mehr als die Breite des Triebrades c verschieben lässt, wodurch dieses aus dem Bereiche des Zahnrades d gelangt. Die Falle f dient, eingelegt zwischen zwei feste Ringe auf der Kurbelwelle a a, zur Verhütung einer Verschiebung der letzteren.

Zur Hervorbringung einer grösseren Kraftübersetzung stattet man die Bockwinde sehr oft mit einem doppelten Vorgelege (S. 48) aus, und verteilt die Räder in der durch Fig. 685 veranschaulichten Weise. Parallel zur Kurbelwelle liegt eine zweite Welle mit den Zahnrädern n und m, wovon n in d und m in c eingreift, so dass durch Drehung der Kurbel K mittels c, m, n und d die in dem Gestelle G G gelagerten Trommel in Um-

drehung versetzt wird. Das Triebrad n dient zugleich als Sperrad, in das der Sperrzahn k einfällt. — In der Regel erhält die Bockwinde mit doppeltem Vorgelege die Einrichtung, dass man die Kurbel auch auf die Welle n stecken, also die Winde als einfache Winde mit grösserer Geschwindigkeit benutzen kann. Durch achsiale Verchiebung der Kurbelwelle wird dann das Rad c ausgerückt.

Eine sehr einfache Wand- oder Konsolwinde ist in Fig. 686 skizzirt. Zwei Konsolen G G sind durch Anker b und t zu einem Gestelle verbunden, das vermittelst Maueranker an der Mauer M M befestigt wird. Die Seiltrommel T bildet mit dem grossen Zahnrade n ein Ganzes, das drehbar um die Kurbelwelle von dieser getragen wird. Die Übersetzung erfolgt von der Kurbel K durch die Zahnräder c, d, e, n auf die Trommel nach Art des doppelten Vorgeleges. Eine in der Zeichnung weggelassene Sperrklinke fällt in das Zahnrad c ein, um das Rückdrehen zu verhindern.

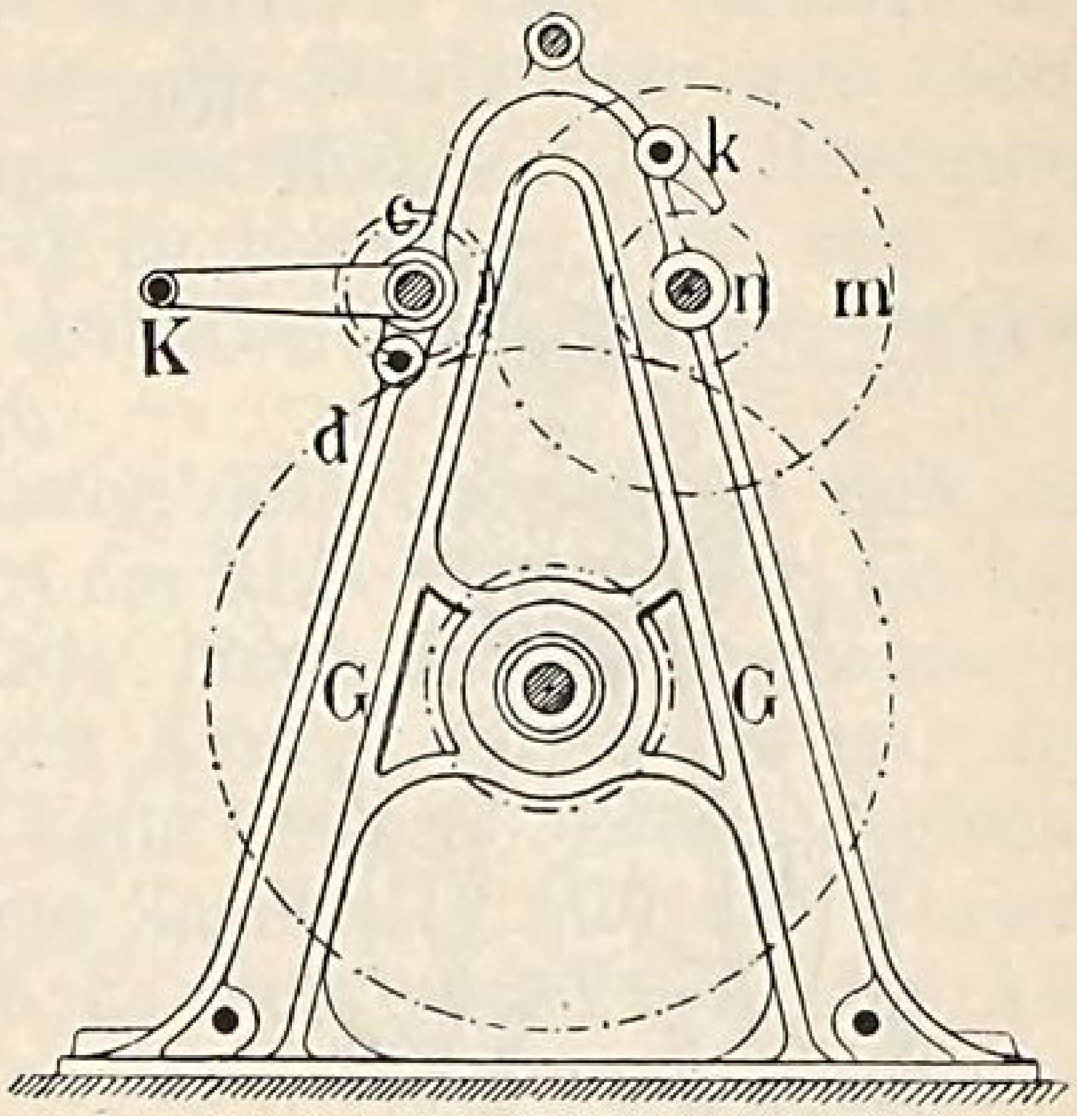


Fig. 685.

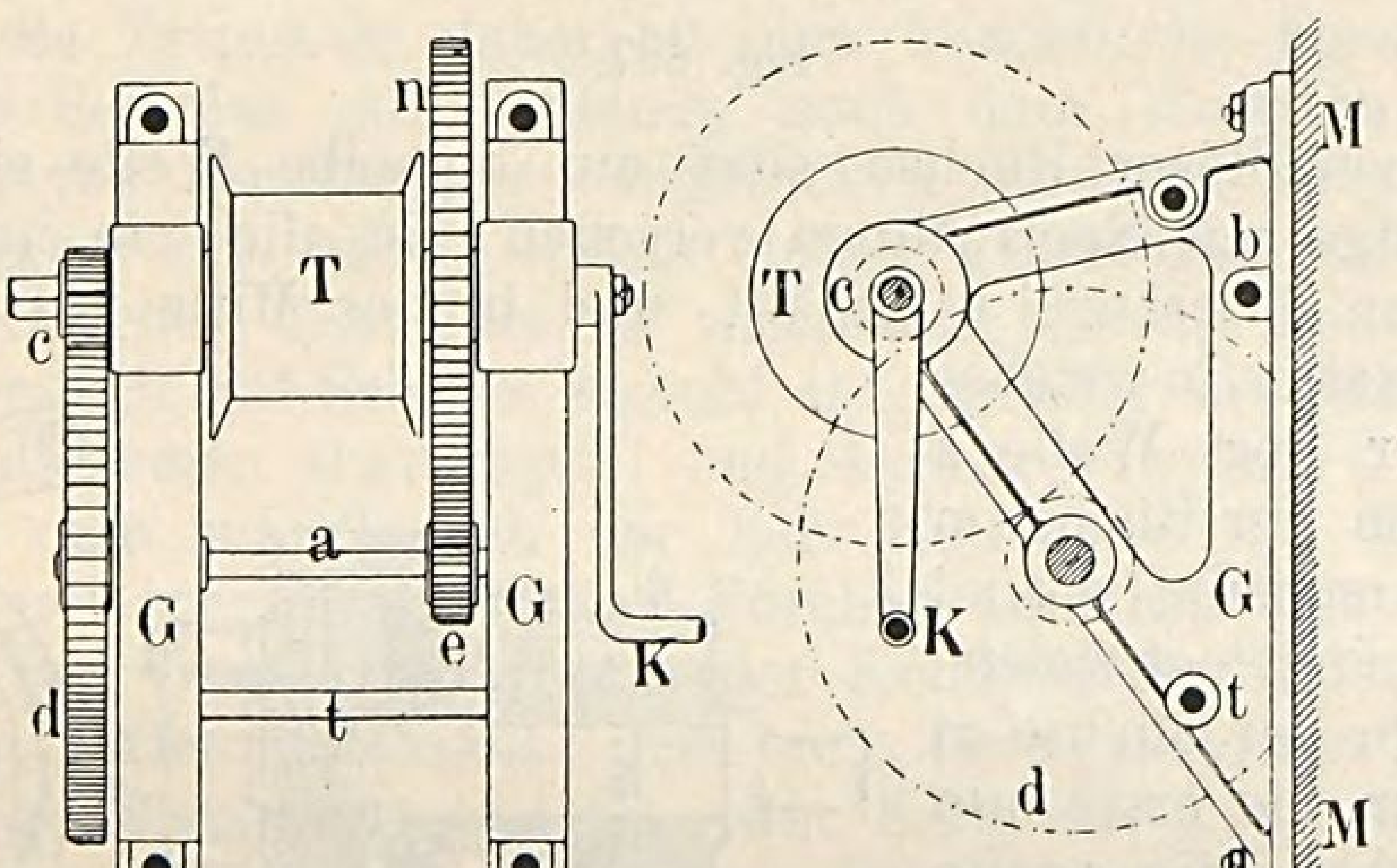


Fig. 686.

Die Fig. 687 veranschaulicht eine Räderwinde mit Kurbel- und Riemenantrieb. Man erkennt in T die Trommel mit dem Zahnrad d, in welches das Zahnrad c eingreift, das von der Welle a aus vermittelst der Kurbel K oder der Riemenscheibe F angetrieben wird. Neben der festen Riemenscheibe F sitzt die Losscheibe L, und unten am Gestelle die Riemengabel g an einem um n drehbaren Hebel n P, der die Ausgleichkugel P und die Schnur u aufnimmt, um den Riemen nach Bedürfnis leicht verrücken zu können.

Vorstehende Winde ist mit einer sehr bemerkenswerten Sicherheitskurbel (Klein) bei C versehen, die so eingerichtet ist, dass sie die Last in jeder Höhe selbsthemmend festhält, ausserdem aber niederzulassen gestattet, ohne eine Ausrückung einer Sperrklinke oder eines Vorgeleges zu benötigen. Die Anordnung und die Wirkungsweise dieser

Sicherheitskurbel geht aus Fig. 688 hervor. Auf der Kurbelwelle a befindet sich eine Büchse m mit dem Getriebe c, das in das Trommelrad

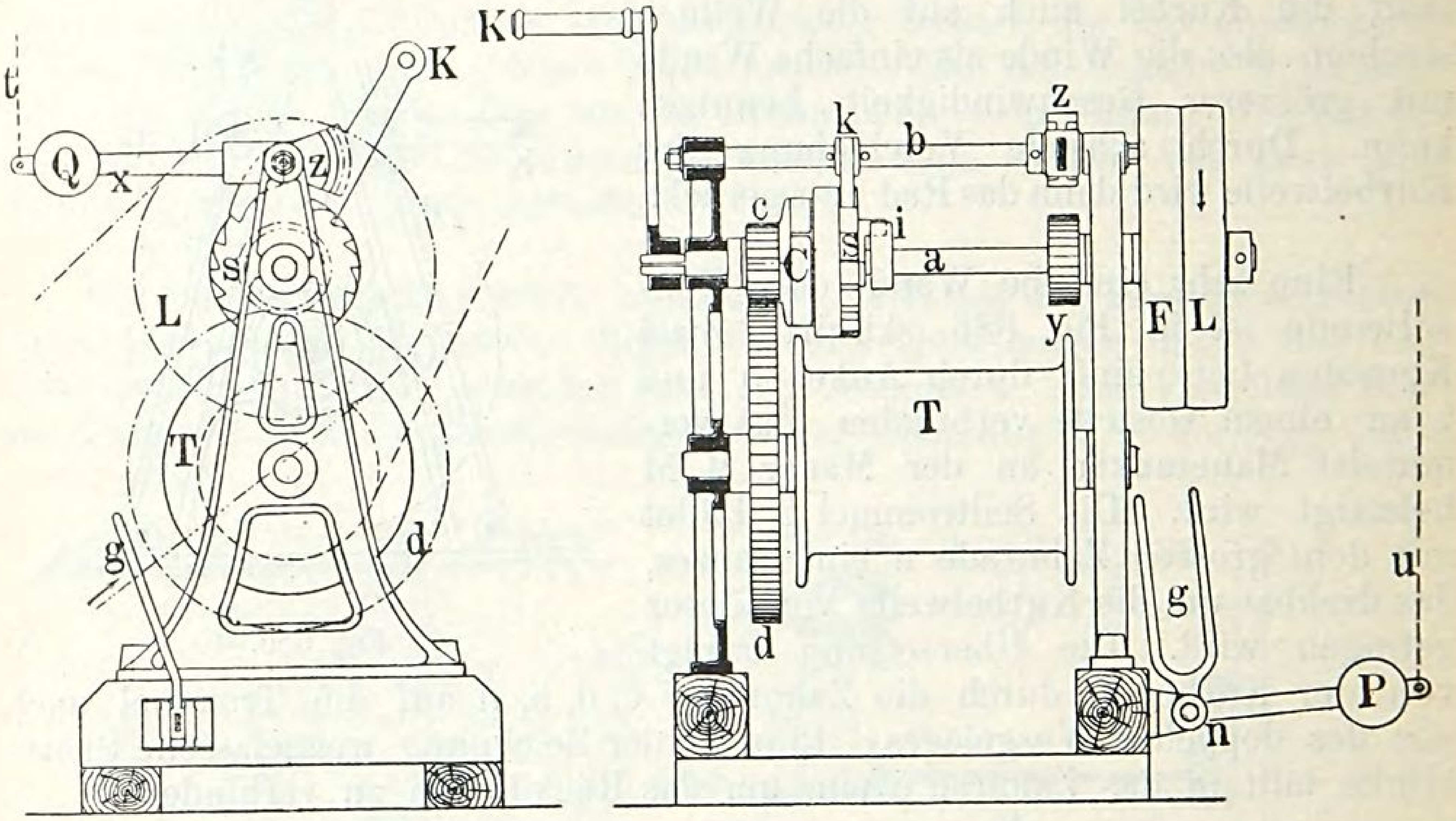


Fig. 687.

eingreift. Neben dieser Büchse sitzt auf derselbe Welle eine Scheibe e, an dem Umfange mit Sperrzähnen versehen, in die ein um den Windeanker drehbarer Sperrkegel k einfällt, und in der Mitte mit einem Muttergewinde ausgestattet, in welches die Schraube r der Welle a passt. Zwischen der Büchse m und der Sperrscheibe e sind 5 Stahlplatten s eingelegt, welche auf einem Auge der Büchse m sitzen und zwar die erste um das Auge drehbar, die zweite durch einen Einschnitt festgehalten. Wird nun die Kurbelwelle zum Zwecke des Aufwindens in der Richtung des Pfeils

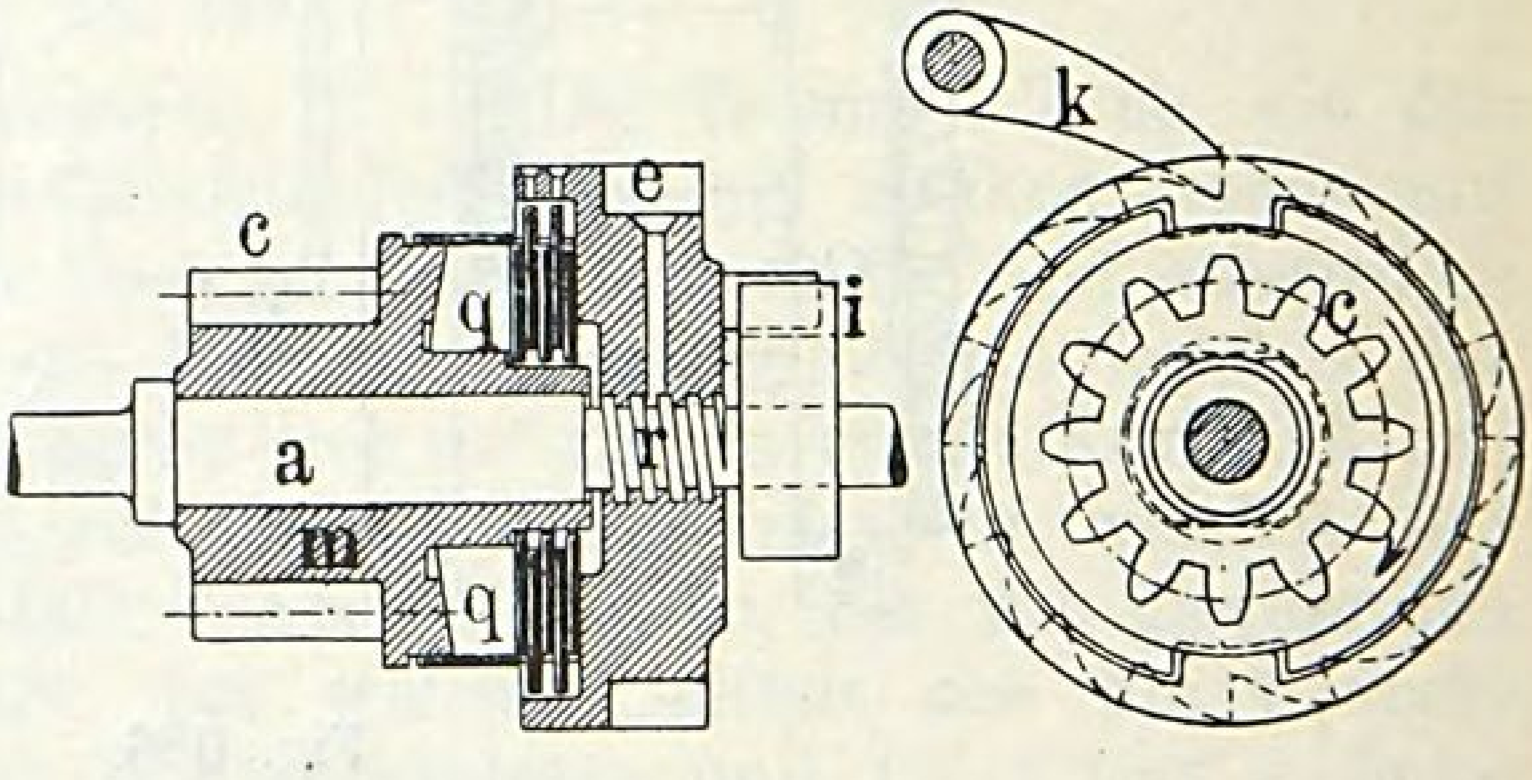


Fig. 688.

gedreht, so werden c und die Stahlscheiben durch die Last am Mitdrehen verhindert, ebenso e durch Reibung an der fünften Scheibe. Da nun diese Reibung grösser ist als diejenige zwischen Mutter und Schraube r, so wird infolge der Schraubenwirkung zwischen c, den Stahlplatten und e eine solche Pressung beziehungsweise Reibung hervorgerufen, dass diese sämtlichen Teile als ein Ganzes zusammenhalten, demnach wie ein gewöhnliches Sperrad wirken, die Last aufziehen und in jeder Höhe festhalten. Dreht man dahingegen bei gehobener Last die Kurbel rückwärts, so verhindert der Sperrkegel k ein Mitdrehen, die Schraube r dreht sich zurück, und hebt damit allmählich die Pressung zwischen e und c auf, so dass die Last, immer noch genügend gebremst, sich abwärts bewegt. Ausserdem befinden sich

in der Muffe m als Schleuderbremse noch 6 gleichmässig im Kreise verteilte Bleiklötze q q, welche eine keilförmige Gestalt haben und infolge dessen bei zunehmender Geschwindigkeit der sinkenden Last vermöge der Zentralfugalwirkung ebenfalls den Andruck an die Stahlplatten und damit die Reibungswiderstände entsprechend vergrössern, also die Bewegung hemmen. Um das Zurückdrehen der Kurbel zu begrenzen, ist noch auf der Kurbelwelle a (der Winde Fig. 687) ein Anschlag i angebracht, welcher gegen einen Stift der Sperrscheibe e schlägt.

Wird diese Winde von einer Transmission aus angetrieben und die Handkurbel K dann fortgenommen, so erfolgt die Rückdrehung der Kurbelwelle zum Zwecke der Lastsenkung mit Hilfe eines Zahnradsegmentes z, das um den Anker b drehbar und mit einem Arm x verbunden ist, der ein Ausgleichsgewicht Q trägt und an einer Kette t hängt. Dieses Segment gelangt durch Anziehen der Kette t mit dem Zahnrad y auf der Kurbelwelle a in Eingriff und dreht letztere auch so weit zurück, bis der Anschlag i die Bewegung begrenzt.

Die Seiltrommeln der gewöhnlichen Räderwinden haben eine cylindrische Gestalt, so dass sich die Seile nach Schraubenlinien aufwickeln. Sie sind daher in Bezug auf ihre Länge nicht unabhängig von der Länge des aufzuwickelnden Seiles, wenn man berücksichtigt, dass sich mit mehreren Seillagen übereinander der Lasthebelarm vergrössert. Für sehr lange Seile erhalten die Trommeln daher oft eine konoidische Form, weil hiebei das auflaufende Seil das aufgelaufende nach dem kleinsten Durchmesser schiebt, wo es von der Trommel abgewickelt wird, so dass die Seillänge ganz beliebig gross sein kann, indem einige Windungen auf der Trommel genügen, das Rutschen des Seiles zu verhindern. Diese konoidische Trommeln finden vielfach auf Schiffen sowohl in liegender als stehender Anordnung unter den Namen Gangspill und Ankerwinde Verwendung.

Gebraucht man zum Tragen der Last Ketten, so ist es vorzuziehen, die Trommeln mit schraubenförmigen Furchen zum Einlegen und bei kalibrirten Ketten mit Daumen nach Art der Kettenräder (S. 64) auszustatten. In den meisten Fällen beschränkt man sich bei kalibrirten Ketten jedoch auf eine einzige Daumenscheibe oder Kettennuss, welche als ein Prisma angesehen werden kann, dessen Seiten entweder flach von der Länge der einzelnen Kettenglieder oder zu Daumen ausgebildet sind, die in die Kettenglieder eintreten und sie festhalten. Diese Kettennüsse gewähren noch den besonderen Vorteil eines sehr geringen Raumbedarfs und des leichten Auswechselns infolge der Abnutzung. Damit jedoch die Kette auch dann nicht von der Nuss abfällt, wenn die Kettenglieder nicht ganz genau passen, umgiebt man (Fig. 689) die Nüsse n mit einer konzentrischen Kapsel h, welche die Kette k k entsprechend führt, im übrigen aber je nach der Winde verschieden angebracht wird.

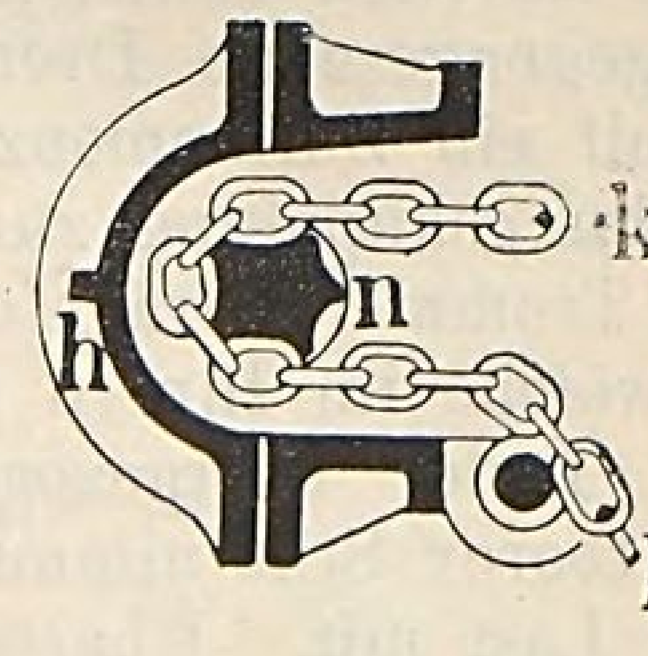


Fig. 689.

Diese Kettennusswinden erhalten in der Regel zum Aufstellen keine Böcke, sondern am häufigsten eine Befestigung mittels eines Rahmens an der Wand, auf einem Gebälk, an einem Pfeiler u. dergl. Sie werden stets mit Selbsthemmungen und fast immer mit Sicherheitskurbeln versehen, welche derart angeordnet sind,

dass sie auch beim Niederlassen der Last in Thätigkeit treten, indem sie vermittelst einer Bremsung die Geschwindigkeit regeln.

Eine ausserordentlich verbreitete Winde dieser Art älterer Konstruktion (Stauffer und Megy), aber als Vorbild dienend, zeigt Fig. 690.

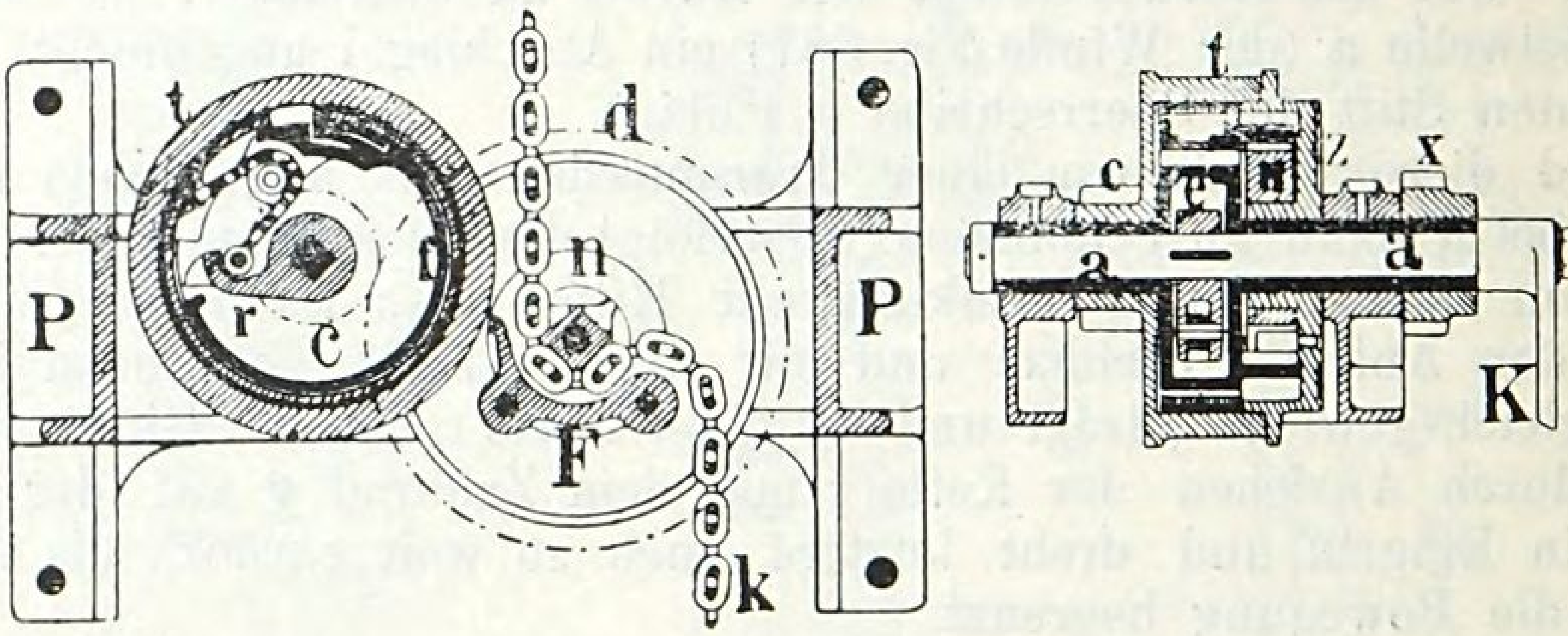


Fig. 690.

Auf einer Wandplatte P P ist zunächst die kurze Achse mit der Kettennuss n gelagert, welche die in F geführte Kette k fasst und aufwärts oder abwärts mitnimmt, indem sie durch das Vorgelege c d in Drehung versetzt wird. Zum Antrieb dient die Kurbel K, die auf der Kurbelwelle a sitzt und durch eine Reibungskupplung die Bewegung auf das Vorgelegerad c überträgt. Zu dem Zwecke ist die Kurbelachse a von einer langen Büchse umgeben, die, gehörig gelagert, bei x ein Sperrad trägt und in der Mitte zu einem Gehäuse e erweitert ist. Diese Büchse ist zugleich Träger der Trommel t mit dem Vorgelegerad c. Innerhalb der glatt ausgedrehten Trommel t befindet sich eine mit Leder überzogene Ringstahlfeder f, die mit einem Ende an dem Gehäuse e befestigt und mit dem anderen Ende an eine kleine Spannkette angeschlossen ist, welche über eine Führungsrolle zu dem Daumen r geht, der innerhalb des Gehäuses e fest auf der Kurbelwelle a sitzt. Dreht man deshalb die Kurbel in einer Richtung, so wird die Spannkette schlaff und von der Feder f zwischen dem Gehäuse e und der Trommel t eine Reibungskupplung hergestellt. Indem nun der Daumen r gegen einen Vorsprung im Gehäuse e wirkt, erfolgt die Mitnahme der Trommel t und somit die Hebung einer Last, deren Grösse von der Reibung zwischen f und e abhängt und ein bestimmtes Maass nicht überschreiten kann, so dass eine Überbelastung ausgeschlossen ist. Die entgegengesetzte Drehung der Kurbel hat ein Anziehen der Spannkette, damit ein Zusammenziehen der Feder f und soweit eine Auslösung der Reibungskupplung zur Folge, dass die Last unter Bremsung sinkt. Neben der Trommel t trägt die lange Büchse noch eine runde tellerförmige Scheibe z, welche im Innern 6 Bleisektoren u aufnimmt, die durch eine ebenfalls mit Leder übergezogene Feder zusammengehalten werden. Ein unten sichtbarer Stift nimmt diese Feder und somit die Bleisektoren beim Sinken der Last mit. Überschreitet letztere eine bestimmte Geschwindigkeit, so überwindet die Zentrifugalkraft der Bleistücke die Spannung dieser Feder und drücken letztere derart gegen einen Reifen des Gehäuses e, dass eine genügende Selbstbremsung eintritt, weil das Gehäuse e durch das Sperrrad x am Mitdrehen verhindert wird. Während das Aufziehen der Last

also durch Drehung der Kurbel in der Pfeilrichtung vor sich geht, erfolgt das Sinken derselben durch ein Rückdrehen der Kurbel um ein kleines Bogenstück zum Zurückziehen der Kupplungsfeder, wobei zugleich zur Vermeidung eines übermässigen Abziehens der Feder und Anspannens der Spannkette der Daumenausschlag durch einen Anschlag i begrenzt wird.

Die vorstehend beschriebene Winde hat später eine sehr viel ausgeführte Änderung (Briegleb-Hansen) infolge des Ersatzes der Spannkette durch einen anderen Mechanismus zum Lösen der Bremse erfahren. Wie Fig. 691 erkennen lässt, ist die an die Trommel t sich anlegende Kupplungsfeder f mit einem Ende an einer Mitnehmer-Scheibe e befestigt, während das andere Ende einen kleinen Hebel h umfasst. Beim Heben der Last legt sich der Daumen r gegen einen Vorsprung der Scheibe e, so dass diese sowie durch Andruck der Feder f die Trommel t nach rechts gedreht wird. Das Rückwärtsdrehen der Kurbel und damit des Daumens r veranlasst durch einen Zahneingriff in den Hebel h ein Abheben der Kupplungsfeder f, also ein Lösen der Kupplung unter Senken der Last. Wird die Kurbel losgelassen, so legt sich die Feder sofort wieder infolge ihrer Spannkraft an die Trommel und bringt die Last zum Stillstand.

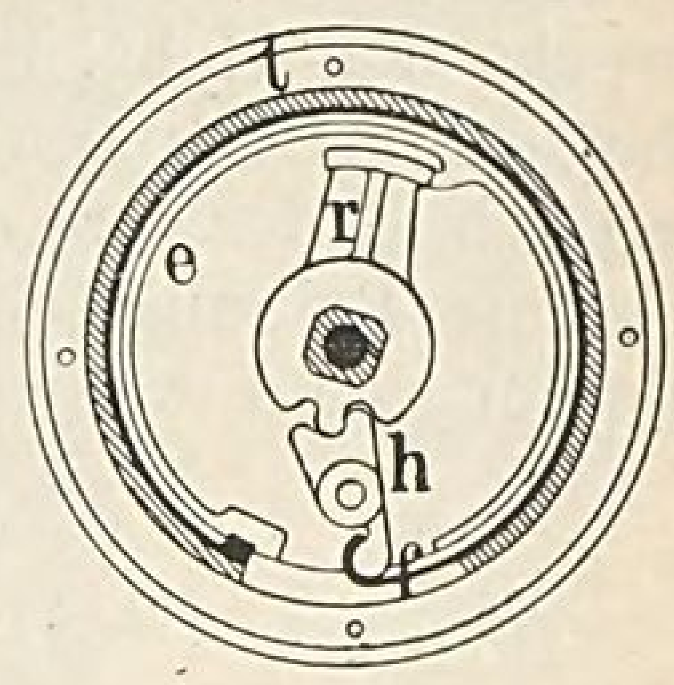


Fig. 691.

In Fig. 692 ist eine Kettenwinde (Schmid) dargestellt, welche einen Schneckenantrieb und eine Reibungsbremsung besitzt. Die Welle w w ist

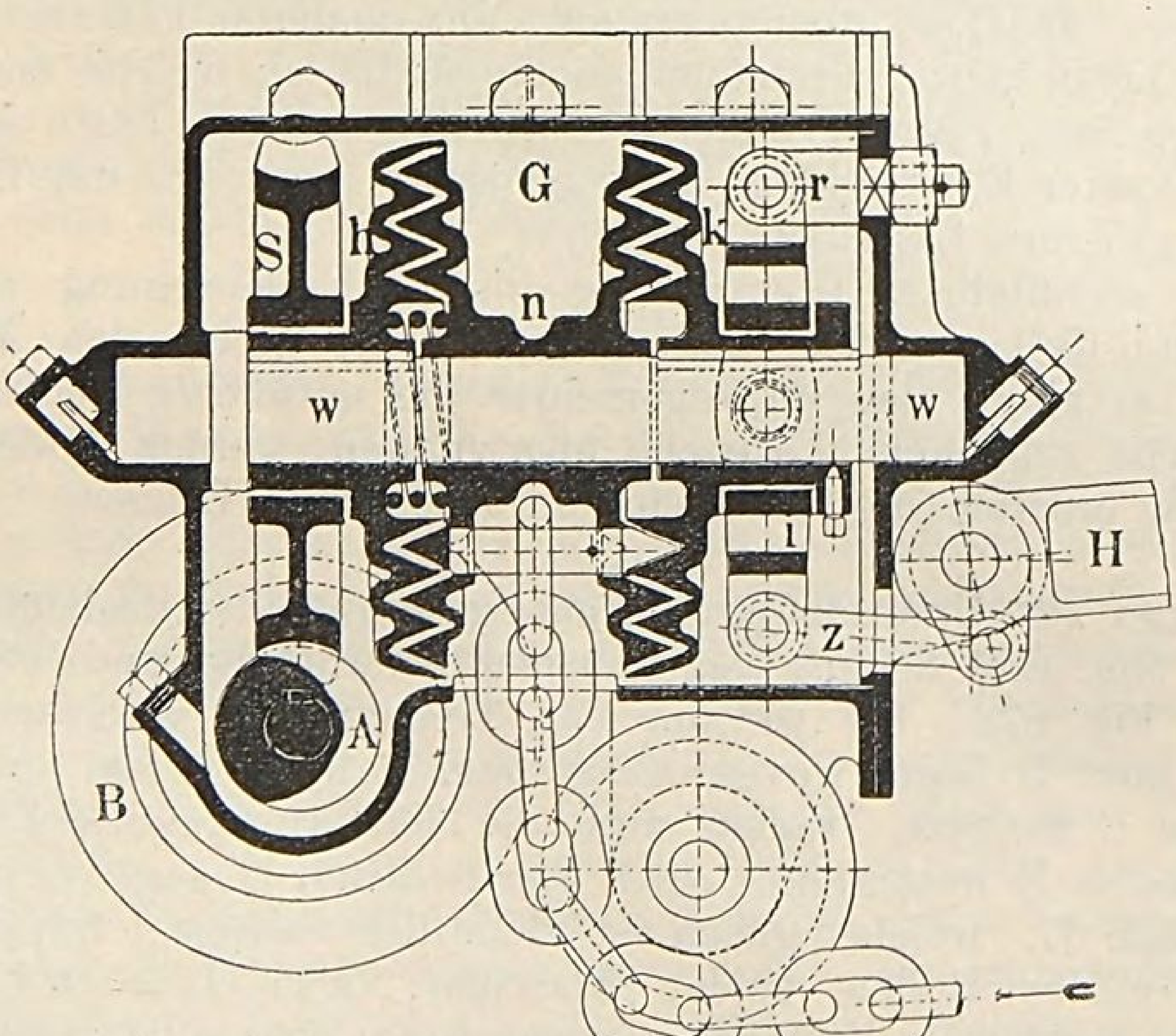


Fig. 692.

in einem Gehäuse G G gelagert, das mittels Anker an der Wand oder einem Gebälk befestigt wird. Auf dieser Welle sitzt zunächst fest die Reibungsscheibe h mit dem Schneckrad S, in welches die Schnecke A eingreift

die vermöge einer endlosen Kette durch das Kettenrad B in Umdrehung versetzt wird. Ausserdem befindet sich auf der Welle w w die zweite Reibungsscheibe k, welche aber längs derselben auf einer Feder mit Nut beweglich ist. Zwischen den Scheiben h und k liegt um w w drehbar die Kettennuss n, an jeder Seite mit einer Reibungsscheibe zum Eingriff in h und k ausgestattet und mittels einer Spiralfeder f stets an die Scheibe k angedrückt. Diese Scheibe ist nun, wie aus der Figur ohne weiteres erkennbar, mit Hilfe des Hebels H, der Schubstange z und der in r aufgehängten Schwinge i auf w w zu verschieben. Bewegt man zu dem Zwecke den Hebel H abwärts, so presst man mit einer bedeutenden Kraftübersetzung k gegen n und n nach Überwindung des Spiralfederdruckes gegen h und zwar mit einem der Lastgrösse entsprechenden Drucke, so dass die Reibungsscheiben während der Hebung der Last als Reibungskupplung und während der Senkung als Reibungsbremse wirken.

VI. *Treibkolbenhebezeuge.*

Die Treibkolbenhebewerke sind dadurch gekennzeichnet, dass sie als kraftaufnehmendes Mittel Kolben besitzen, welche durch eine unter Druck stehende Flüssigkeit zum Zwecke der Lastbewegung in einem Cylinder (Treibcylinder) geradlinig verschoben werden (Treibkolben) und diese Verschiebung unmittelbar oder mittelbar der Last mitteilen. Im ersten Fall muss der Kolben vermittelst der Kolbenstange derart an den Lastträger angeschlossen werden, dass er eine Bewegung ausführt, deren Grösse mit derjenigen der Last übereinstimmt. Im anderen Fall sind zwischen Kolben und Lastträgern Übersetzungen eingeschaltet, welche das Verhältnis von Kraftweg zum Lastweg ändern, entweder um den Lastweg zur Überwindung grösserer Entfernungen zu vergrössern, oder um mit Hilfe kleiner Pressungen grössere Lasten zu fördern.

Da die unmittelbare Übertragung der Kolbenbewegung auf die Last Cylinder- und Kolbenlängen voraussetzt, welche gleich den Maximallastwegen sind, so pflegt man im allgemeinen die mittelbare Übertragung vorzuziehen, wenn erhebliche Lastwege überwunden werden sollen. In einzelnen Fällen erhalten die Treibcylinder bedeutende Längen.

Als Mittel zur Übersetzung dienen gewöhnlich Seilrollenflaschenzüge von der in Fig. 669 S. 770 angegebenen Anordnung und zwar in der Ausführung Fig. 693, bei welcher der Treibcylinder zwischen den zwei Flaschen A und B liegt, wovon A an dem Cylinderboden und B an der Kolbenstange C festsitzt. Indem nun die letztere hinausgeschoben wird und die Flasche B mitnimmt, wird das Seiltrum S angezogen und zwar um eine Länge L, welche gleich ist dem Kolbenwege l multiplizirt mit der Anzahl n der Rollen beider Flaschen, also $L = n\,l$. Demnach lässt sich bei gegebenem Kolbenwege zwar durch eine entsprechende Rollenzahl eine beliebige Übersetzung hervorbringen, allein aus denselben bereits S. 771 erörterten Gründen beschränkt man sich auch hier auf 4 bis 5 Rollen in jeder Flasche, so dass z. B. bei einer Kolbenhube von 1,5 *m* eine Lastenhebung auf 12 bis 15 *m* erfolgen kann, die sich noch durch weitere Einschaltung von losen Rollen leicht steigern lässt.

Die ganze Anordnung eines solchen Treibkolbenhebezeuges gestattet zugleich eine beliebige Aufstellung, weil das Lastseil S von jeder Stelle vertikal auf und abwärts geleitet werden kann, so dass man je nach den vorhandenen Räumlichkeiten eine vertikale, horizontale oder schräge Lage des Treibkolbens wählt. Selbstverständlich ist Anbringung der Seilrollen auch in der Weise möglich, dass man den Kolben an die untere Flasche (L Fig. 669 S. 770) anschliesst und die obere F aufhängt. Durch Abwärtsbewegung des Kolbens wird die Last dann mittels des Seiles K S gehoben.

Ein anderes Übersetzungsmittel wird (Fig. 714 S. 809) dadurch gewonnen, dass man die Kolbenstange S als Zahnstange ausbildet, welche in ein Triebrad r eingreift, das mit der Seilscheibe R auf einer Welle sitzt. Man erhält damit ein Übersetzungsverhältnis R : r, wenn mit r und R zugleich die betreffenden Halbmesser bezeichnet werden. — Auch diese Zahnradübersetzung ermöglicht die Anordnung in jeder Lage.

In manchen Fällen verwendet man als Übersetzungsmittel einen ungleicharmigen Hebel und zwar der bequemeren Aufstellung wegen vielfach als Winkelhebel, an dessen kürzeren Arm der im Treibcylinder bewegte Kolben mittels eines Gelenkes angreift.

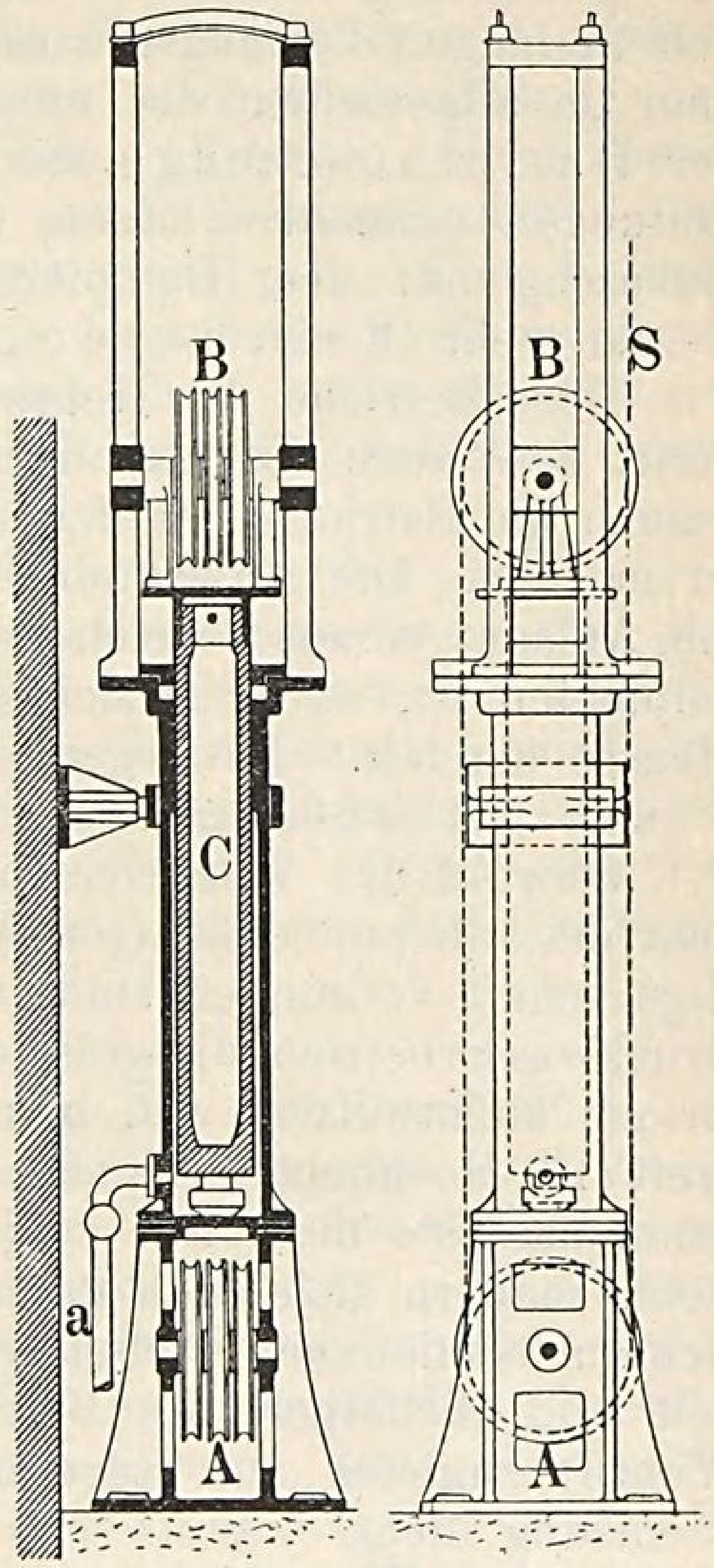


Fig. 693.

Als Treibflüssigkeiten stehen in Verwendung Wasser, Luft und Wasserdampf, wonach Wasserdruck- (hydraulische), Luftdruck- (pneumatische) und Dampfdruckhebezeuge unterschieden werden. Der Vorteil, den diese Flüssigkeiten im allgemeinen darbieten, liegt hauptsächlich in dem Umstande, dass die Möglichkeit gegeben ist, Zentralkraftanlagen zu benutzen, also von einer Kraftstelle aus viele Hebezeuge mit Kraftflüssigkeit zu versehen. Demnach ist auch erklärlich, dass Treibkolbenhebevorrichtungen, mit welchen die Druckkraftanlage in unmittelbarer Verbindung steht, verhältnismässig selten sind und nur für bestimmte Fälle sich geeignet erweisen. In dieser Beziehung kommen hier nur Winden mit Druckwasser und fahrbare Hebezeuge in Betracht, deren Verwendungszwecke den Anschluss an Druckleitungen erschwert oder ausschliesst. Für die Kraftanlagen gelten dieselben Ausführungsregeln, welche S. 197 bis 216 für die Benutzung derselben Kraftträger zum Zwecke der Kraftübertragung erörtert sind.

Die Verwendung gespannten Wasserdampfes bietet den besonderen Vorteil, dass man ohne weiteres den Dampf aus dem Dampfkessel in den Treibcylinder leiten und die Spannung desselben, vermöge seiner Expansions-

fähigkeit, den verschiedensten Lastgewichten durch entsprechende Füllungsgrade leicht anpassen kann, dem gegenüber aber den Nachteil, der mit der Abkühlung und der dadurch entstehenden Kondensation also namentlich in langen Leitungen zusammenhängt. Aus diesem Grunde beschränkt man im allgemeinen die unmittelbare Benutzung des Dampfes und somit der Dampfhebezeuge auf einzelne und zwar solche Fälle, welche lange Leitungen vermeiden lassen, wie z. B. in der Anordnung, bei welcher das Hebezeug mit dem Dampfkessel auf einem gemeinschaftlichen fahrbaren Gerüst steht (Fahrbarer Dampfkrahn).

Dem Betriebe der Hebezeuge mit Druckluft steht der Vorteil zur Seite, dass auch die Expansionsfähigkeit der Luft es ermöglicht, den Verbrauch an Betriebskraft den zu überwindenden Widerständen proportional zu machen. Die Anwendung dieses Kraftmittels setzt dem gegenüber aber die Anlage voraus, welche S. 209 ausführlich dargestellt und nur zu empfehlen ist, wenn es sich um die Benutzung von Druckluft in grossem Maasse handelt. Deswegen sind auch diese sogen. pneumatischen oder Drucklufthebezeuge nur in einzelnen Fällen zur Ausführung gelangt.

Obwohl das Wasser nicht durch Expansion zur Wirkung gelangt und man deshalb auf diejenigen Vorteile verzichten muss, welche mit dieser Eigenschaft verbunden sind, so haben doch die Treibkolbenhebezeuge mit Druckwasserbetrieb die grösste Verbreitung und mannigfaltigsten Gebrauchsformen aufzuweisen, weil man die zu ihrer Bethätigung dienende Betriebskraft in Hochbehältern oder Kraftsammlern (S. 200) derart aufspeichern kann, dass sie nicht nur zu jeder Zeit und in jeder Grösse zur Verfügung steht, sondern sich auch ausserordentlich leicht und einfach nach beliebigen Gebrauchstellen leiten lässt (S. 197 u. f.) Dazu kommt ferner die Leichtigkeit und Sicherheit des Betriebes, da in der Regel das Zuleitungsorgan (Ventil) zugleich zur Regelung der Kraft und das Ableitungsorgan zur Bremsung dient.

In den Wasserdruckhebezeugen mit Treibkolben gelangt das Wasser entweder direkt aus einer hydraulischen Druckpresse oder aus einer Druckwasserleitung an den Kolben. Die erste Anordnung findet in der Regel nur bei Hebezeugen Anwendung, welche vorübergehend und an verschiedenen Orten gebraucht werden sollen und deshalb so eingerichtet sind, dass die Druckpresse in passender Weise unmittelbar an der Hebevorrichtung untergebracht ist. Sie entbehrt, wie schon oben bemerkt, der Vorteile, welche die Zentralanlage gewährt, und beschränkt sich auf die Konstruktion der sogen. hydraulischen Winden. Die zweite Anordnung dahingegen bedingt den Anschluss an die Wasserleitung eines Druckwerkes, aber bedarf nur einer einfachen Steuerung zum Betriebe.

Die Steuerung der hydraulischen Hebezeuge ist nach denselben Grundsätzen anzuordnen, welche S. 704 für die Steuerung der Wassersäulenmaschinen aufgestellt sind, also mit Rücksicht auf die Unzusammendrückbarkeit des Wassers und stets mit der Maassnahme, dass nach Vollendung des Kolbenhubes die Umsteuerung sich selbstthätig vollzieht und dass die Öffnung und Schliessung der Steuerkanäle allmählich vor sich geht. Von den üblichen Steuerorganen (Schieber, Kolben, Ventile, Hähne) werden die Hähne am seltensten, die Schieber am häufigsten, vielfach auch Kolben und Ventile verwendet und zwar in der Regel mit Handhebelbetrieb. — Der Schieber erhält gewöhnlich die Form des Muschelschiebers und die

Verbindung mit der Schieberstange wie Fig. 162 S. 113. Um ein allmähliches Oeffnen und Schliessen der Kanäle herbeizuführen, erhalten diese gegen den Schieber eine solche Lage, dass die Kanalkanten mit den Schieberkanten nicht parallel stehen. Statt der Flachschieber mit geradeliniger Hin- und Herbewegung verwendet man auch Drehschieber nach dem in Fig. 459 S. 531 dargestellten Vorbilde. Erhalten die Schieber bedeutende Grössen, so konstruirt man sie als Entlastungsschieber und zwar am zweckmässigsten mit Gegenkolben (Seite 521; 1). Eine Entlastung stellt sich als notwendig heraus, wenn die bewegende Kraft am Handsteuerhebel mehr als 12 *kg* und der Hub desselben mehr als 400 *mm* beträgt, wobei zu bemerken ist, dass man die Übersetzung des Handhebels innerhalb der Grenzen 1 : 20 hält.

Die Kolbensteuerung wird allgemein nach der durch Fig. 169 S. 116 gekennzeichneten Anordnung ausgeführt. Der Ventilsteuerung liegt diejenige Anordnung zu Grunde, welche S. 533 Fig. 463 erörtert ist. Dieselbe ist wenig zur Anwendung gelangt, weil sie das Vorhandensein von zwei Verschlussorganen voraussetzt, welche die Steuerungen überflüssig komplizirt machen und das Dichthalten wesentlich erschweren. Gegen die Anwendung von Hähnen ist die ungleiche Abnutzung und die dadurch leicht eintretende Undichtigkeit einzuwenden.

Bezeichnet man die Kolbenfläche mit F und die Hublänge mit H, so beträgt jede Cylinderfüllung $V = F\,H$. Diese Wassermenge wird daher bei jeder Hebung verbraucht ohne Rücksicht auf die zu hebende Lastgrösse. Wird die letztere mit Q und der Wassereinheitsdruck mit p bezeichnet, so ist, von den Widerständen abgesehen, Gleichgewicht vorhanden, wenn: $Q = p\,F$. Bei anderen Belastungen Q_1, Q_2, Q_3 etc. aber gleicher Pressung p kann daher das Gleichgewicht erhalten werden, wenn man die Druckfläche F proportional der Last ändert, weil $Q_1 = p\,F_1$, $Q_2 = p\,F_2$, $Q_3 = p\,F_3$ u. s. w. und $Q_1 : Q_2 = F_1 : F_2$ u. s. w. ist. Diese Anpassung der Kolbendruckfläche an die Lastgrösse lässt sich stufenweise dadurch erreichen, dass man mehrere Kolben als Hohlcylinder von verschiedenen Durchmessern anordnet und in einander verschiebt, und die Steuerung so einrichtet, dass je nach Bedürfnis ein beliebiger Kolben in Thätigkeit gesetzt werden kann. In demselben Verhältnisse, in welchem die grösseren oder kleineren Druckflächen zur Verwendung gelangen, wird auch der Wasserverbrauch grösser oder kleiner. Man nennt diese Anordnung Teleskop- oder Ausziehkolben und führt sie zwei- bis fünfstufig d. h. für zwei bis fünf Laststufen aus.

Derartige Ausziehkolben sind auch zu dem Zwecke ausgeführt, um lange Treibcylinder zu vermeiden, indem sie sich der Reihe nach fernrohrartig auseinanderschieben, wobei der kleinste Kolben in der Mitte den Lastträger aufnimmt. Selbstverständlich ist bei dieser Anordnung der Durchmesser des innersten Kolbens für die Hebung, also für den Wasserdruck maassgebend und deshalb der Wasserverbrauch grösser als bei der Verwendung eines einzigen langen Kolbens.

Zur Anpassung des Wasserverbrauchs an veränderliche Lasten dienen ferner die sog. Gruppenkolben. Hierbei werden mehrere Treibcylinder, z. B. drei parallel nebeneinander aufgestellt, deren sämtliche Kolben vermittelst einer Traverse verbunden sind, welche den Lastträger

aufnimmt. Die Steuerung gestattet dabei die gleichzeitige Ingangsetzung eines oder mehrerer Kolben z. B. in drei Stufen, so dass entweder der mittlere Kolben allein, oder die zwei Seitenkolben oder endlich alle drei Kolben zusammen in Thätigkeit treten.

Ordnet man 5 Treibcylinder a, b, c, d, e nach dem nebenstehenden Schema an, so sind folgende Kraftstufen wählbar:

b		c
	a	
d		e

1. ein Kolben: a,
2. zwei Kolben: b + e oder c + d,
3. drei Kolben: b + a + c oder d + a + e,
4. vier Kolben: b + c + d + e,
5. fünf Kolben: a + b + c + d + e.

Endlich ist noch der Differentialkolben zu erwähnen, der aus zwei Kolben von verschiedenen Durchmessern besteht, die in zwei Cylindern sich bewegen, die in der Achsenrichtung an einander angeschlossen sind. Das Wasser kann nun derart eintreten, dass es 1. auf den kleinen Kolben, 2. auf die Ringfläche des grossen Kolbens und 3. auf die Ringfläche des grossen Kolbens und gleichzeitig auf den kleinen Kolben, also in drei Stufen zur Wirkung gelangt.

Eine Wasserdruckwinde neuerer Konstruktion geht aus Fig. 694 hervor. In dem Standcylinder A gleitet der in der Längenrichtung von einem Kanal durchzogene Kolben C, der mit dem Rohre B verbunden ist, welches zur Führung über A hinweggreift und in D einen Flüssigkeitsbehälter trägt, der durch die geriffelte Platte P oben abgeschlossen ist. In dem mit Wasser gefüllten Behälter D befindet sich ein geführter Kolben a mit einem Saugventil. Dieser Kolben a wird durch einen Hebel K in Schwingung versetzt, den man auf dem sechseckigen Zapfen der kleinen Daumenwelle steckt und hin- und herbewegt. Der hohle Kolben a wirkt dadurch als ein Druckpumpenkolben und treibt die Flüssigkeit unter einem bedeutenden Druck durch den Kolben C in den unteren Raum des Standcylinders A, so dass unter diesem Drucke der Kolben C mit dem Cylinder B gehoben wird. Im Boden des kleinen Pumpenstiefels befindet sich ein Druckventil, welches den Rücklauf der Flüssigkeit verhindert. Um das Senken der Last oder des Kolbens C zu bewerkstelligen, ist ein Zweigkanal angebracht, der während der Hebung durch ein Schraubventil mit Handgriff H geschlossen gehalten, während der Senkung aber geöffnet wird und somit den Rücktritt der Flüssigkeit in den Behälter D veranlasst. Im Übrigen besitzt der Cylinder B noch die übliche Protze q. — Selbstverständlich kann diese Winde auch als Schlittenwinde nach Art Fig. 652 S. 753 ausgeführt werden.

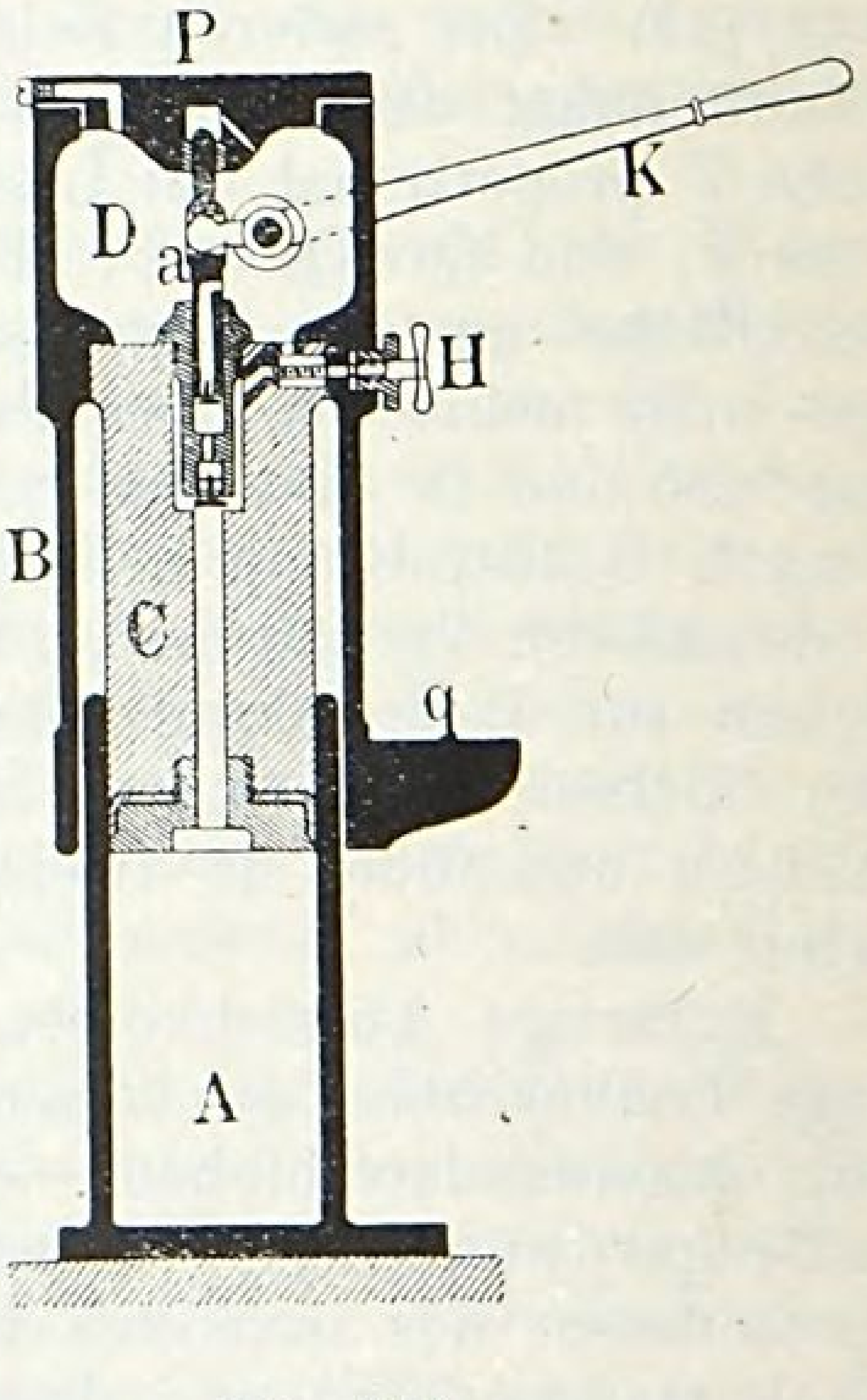


Fig. 694.

Für viele Zwecke erscheint es zweckmässiger, den Flüssigkeitsbehälter von dem Hebekolben zu trennen, also die Wasserdruckwinde nach Art der hydraulischen Pressen einzurichten. Eine solche Anordnung (Zollinger) zeigt Fig 695. Der mit Tragpratzen versehene Hebekolben C befindet sich mittels einer Stulpliderung abgedichtet in dem Cylinder A, der mit dem Flüssigkeitsbehälter D in einem Stücke gegossen ist. Die Innenräume von A und D stehen durch zwei Kanäle in Verbindung, von denen der eine zum Einpressen und der andere, wie bei Winde Fig. 694, zum Rücklauf der Flüssigkeit dient und mittels eines Ventils und Handrädchen abgesperrt und gleichzeitig zum Senken der Last geöffnet wird. Das Einpressen der Flüssigkeit aus D in A erfolgt durch den Kolben a, dessen Bewegung gleichfalls von einem Daumen d ausgeht, welcher von einem auswärts sitzenden Hebel in Schwingung versetzt wird. In der Büchse b befinden sich die oben beschriebenen zwei Ventile, woraus sich das Spiel des Apparates ohne weiteres ergiebt. Die Bügel B, B gestatten ein leichtes Tragen, die Verschlussschraube oben und die eingeschraubte Kapsel c ein bequemes Nachfüllen der Flüssigkeit und ein schnelles Herausnehmen der Büchse b zum Nachsehen etc.

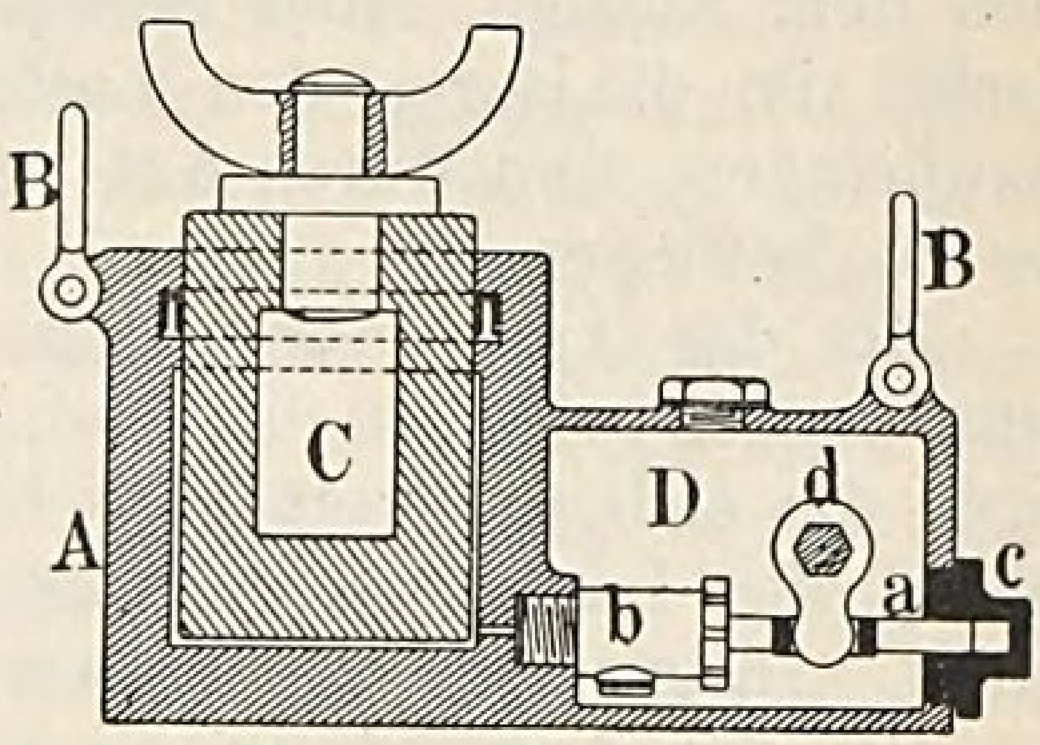


Fig. 695.

VII. Aufzüge.

Maschinelle Einrichtungen zur senkrechten Förderung von Lasten, Personen etc. hauptsächlich zum Zwecke des Verkehrs zwischen den verschiedenen Stockwerken in Gebäuden, Fabriken, Speichern, Wohnhäusern, bei Hüttenwerken u. s. w., sodann zur Förderung von Baumaterialien bei Bauten, von Rohstoffen, (Erze, Kohlen, Steine) aus Gruben, also in zahlreichen Fabrikationszweigen und von ungemein vielseitigen Verwendungszwecken, nach welchen sie besondere Benennung erhalten, werden als Aufzüge bezeichnet. Insbesondere pflegt man Personenaufzüge und Lastenaufzüge von einander zu unterscheiden und in Bezug auf die letzteren noch Bau-, Waren-, Kohlen, Erz-, Sack-, Gicht-, Post-, Getreide-Aufzüge etc. Den Hauptteilen nach bestehen die Aufzüge aus dem Lastträger, einer Antriebsvorrichtung und demjenigen Organ, das den Lastträger mit der Antriebsvorrichtung verbindet.

Die Lastträger werden in Form und Grösse der zu fördernden Last angepasst. In einzelnen Fällen bestehen dieselben nur aus Haken, an welche die Last angehängt wird (Sackaufzüge), für andere Zwecke sind es kleine Platten, Gabeln und dergleichen, auf welche die Last gelegt wird (Steinaufzüge) oder Becher, die sich füllen und entleeren (zum Fördern von Sammelkörpern: Getreide, Mehl, Zement, Kies etc.) oder grössere Platten (Plattformen, Förderschalen auch Fahrkorb oder Fahrstuhl) genannt, welche umfangreiche Lasten, Personen, Wagen und dergleichen aufnehmen und demnach sehr verschieden ausgebildet werden müssen.

Dasjenige Organ der Aufzüge, das Lastträger und Antriebsvorrichtung verbindet, ist entweder biegsam (ein Seil, eine Kette, eine Gurt, ein Riemen u. s. w.) oder eine starre Stange.

Die Verbindung zwischen diesem Teil und dem Lastträger soll womöglich zur Vermeidung von Stössen eine nachgiebige sein, weshalb, wenn irgend thunlich, Federn eingeschaltet werden.

Die Bewegung mittels Seil, Kette und dergleichen erfolgt entweder nach dem System eines Seiles ohne Ende, oder eines Seiles mit Ende; hierbei ist die Regel, den Lastträger am freien Ende eines Seil mit Ende anzubringen, und durch Auf- und Abwickeln des letzeren von einer Trommel aus zu bewegen.

Bei der Anwendung eines endlosen Seiles erfolgt die Bewegung ununterbrochen, indem das Seil über zwei Rollen oder Scheiben gespannt wird, die sich nach einer Richtung bewegen und wobei das Seil zur Aufnahme der Last Becher, Wagen, Haken, schwebende Lastträger u. s. w. erhält. (Elevatoren, Becherwerke, Paternoster, Bauaufzüge) u. s. w.)

Bei der Anwendung eines Seiles mit Ende sollte zur Ausgleichung der toten Last, also zur Vermeidung eines nutzlosen Arbeitsaufwandes Gegengewichte angebracht werden. Bei manchen Anlagen zieht man zu dem Zwecke Doppelaufzüge vor, bei welchen zwei Lastträger sich im Gewicht ausgleichen.

Zum Antriebe der Aufzüge benutzt man Windewerke, welche durch eine einfache Kurbel oder mittels eines Rollenzuges oder Rädervorgeleges von der Hand, von einer Transmission oder einem besonderen Motor in Thätigkeit gesetzt werden. (Handaufzüge, Transmissionsaufzüge.) — Als Motoren stehen in Verwendung ausser Göpel, besonders Gasmotoren, Dynamomaschinen, mitunter Windmühlen und Dampfmaschinen.

Ferner macht man einen umfangreichen Gebrauch von Treibkolben, die mittels Wasser-, Dampf- oder Luftdruck ihre Bewegung erhalten. Hiernach pflegt man zu unterscheiden: Hand- und Maschinenaufzüge und im weiteren Aufzüge mit mittelbarem (Transmission) und unmittelbarem Maschinenantrieb.

Auch die Anbringung und Aufstellung der Aufzüge richtet sich nach dem Gebrauchszwecke. Findet der Gebrauch vorübergehend d. h. mit Ortswechsel statt, so zieht man in der Regel eine freie Aufstellung vor, z. B. Bauaufzüge mit freistehendem Gestell und einer Winde unten oder oben und zum Beladen unten.

Befinden sich die Aufzüge an einem festen Ort eines Gebäudes, so genügt oft ein frei herabhängendes Seil, welches ausserhalb der Mauer oder innerhalb des Gebäudes durch die Böden (Sackaufzug in Mühlen) die Förderung vermittelt. In der Regel erscheint es jedoch notwendig, die Bewegung der Lastträger durch Anbringung von Führungen zwangläufig zu machen, um Schwankungen derselben zu vermeiden. Diese Führungen stellt man aus Holz oder Eisenschienen her und bringt sie womöglich mit den Gebäudewänden in feste Verbindung. Befinden sich dieselben ausserhalb der Gebäude, so schliessen sie oben stets mit einem Dach gegen die Einflüsse der Witterung ab. Im Innern der Gebäude sind sie gewöhnlich in einem besonderen Schacht (Fahrschacht) angebracht, der von den einzelnen Stockwerken durch Öffnungen zugänglich ist, die mit Thüren oder thürartigen Verschlüssen, Gittern und dergleichen abgeschlossen werden können.

Ausserdem sind die Aufzüge mit Einrichtungen zu versehen, welche eine genügende Sicherheit gegen die Gefahren bieten, die entstehen können:

1. Durch Herabfallen des Ladegutes,

2) Durch Bruch des Tragseils und des Aufzugsmechanismus.

3) Durch den bewegten Lastträger selbst.

Zum Schutz gegen das Herabfallen des Ladegutes sind die Förderschalen mit festen Wänden, Gittern und dergleichen eingefasst.

Zur Verhütung der Gefahren beim Bruch des Tragseiles und Aufziehmechanismus werden Anordnungen getroffen, die den Fahrstuhl im Laufe aufhalten und zwar durch sogenannte Fangvorrichtungen oder Geschwindigkeitsbremsen. Um die Gefahren zu vermeiden, welche durch den bewegten Lastträger entstehen können, sind Anordnungen notwendig, welche auf dem Grundgedanken beruhen, den Bewegungsmechanismus des Lastträgers mit den Thüren des Fahrschachtes derart in Verbindung zu bringen, dass die Thüren stets voll geschlossen sind, und sich nur dann öffnen lassen, wenn der Fahrstuhl in der Fussbodenhöhe des Geschosses angelangt ist, und dass die Bewegung des Lastträgers erst wieder fortgesetzt werden kann, wenn die Thüren nach dem Fahrschacht geschlossen sind.

Die Fangvorrichtungen bestehen der Hauptsache nach und in der Regel aus Teilen, welche sich an die Führungsschienen so fest anlegen, dass damit die Bewegung des Fahrstuhls bis zum Stillstand gehemmt wird. Diese Fangzeuge werden gewöhnlich durch Federn bethätigt, die in dem Augenblicke in Wirkung treten, in welchem das Abreissen des Seiles etc. stattgefunden hat. Gewöhnlich dient dazu diejenige Feder, welche zur Verbindung des Seiles mit der Förderschale vorhanden ist. Diese Feder wird durch die Belastung gespannt, so dass, wenn das Seil reisst, die Spannung der Feder das Fangzeug in Funktion setzt. Das Fangzeug selbst besteht entweder aus Klauen, welche in Spannstangen eintreten oder in Fangeisen, die sich in hölzerne Säulen eindrücken, oder in Klemmmbacken Klemmkeilen und Excentern etc., welche Schienen zwischen sich fassen Da letztere Fangzeuge ohne Stoss in Thätigkeit treten, so verdienen sie vor den Klauen den Vorzug.

Ausserdem kommen zum Anhalten noch in Betracht: Schleuderbremsen welche nach Art der Seite 779 Fig. 682 und 683 beschriebenen wirken, und endlich wird noch der Luftwiderstand zum Fangen benutzt.

Alle Fangvorrichtungen sollten stets so eingerichtet sein, dass sie von jeder Stelle des Fahrschachtes aus in Thätigkeit gesetzt werden können, um auch bei anderen Begebenheiten den Aufzug sofort zum Stillstand zu bringen. Zu diesem Zwecke wendet man Schnüre, Seile oder Ketten an, die längs des Fahrschachtes leicht zugänglich aufgehängt sind.

Einige der gebräuchlichsten Fangvorrichtungen sind in Fig. 696 bis 700 zusammengestellt.

Man erkennt in Fig. 696 eine an zwei Seiten in Wirkung tretende Klauenfangvorrichtung. Der zur Aufnahme des Seiles dienende Bolzen a wird von Blattfedern gehalten, welche sich gegen den eisernen Beschlag b b des hölzernen Querarmes q q legen und durch das Anziehen des Zugseiles unter Aufwärtsbewegung des Bolzens a spannen. Reisst das Seil,

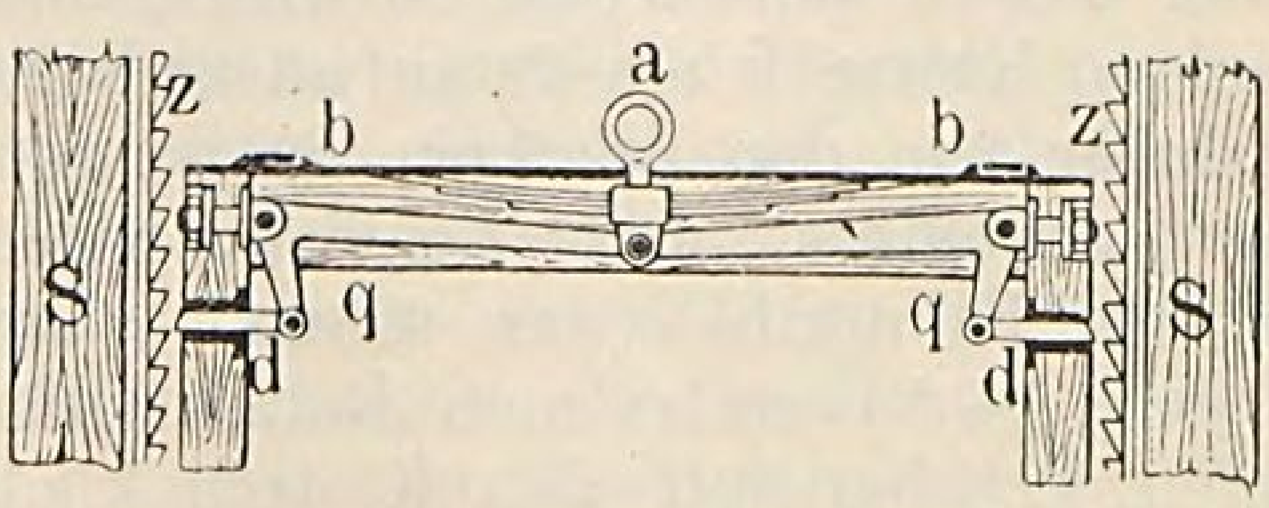


Fig. 696.

so schnellt die Feder den Bolzen abwärts, infolgedessen zwei mit a verbundene Hebel c c in Thätigkeit gesetzt werden, und die zwei Fangklauen d d durch die Seitenteile des Fangstuhls hinaus in die Zähne der Zahnstangen z z einschieben, die an den hölzernen Ständern S S des Fahrschachtes angeschraubt sind und zugleich als Führungsschienen dienen.

Eine besondere Anwendungsform des Klauenfangzeuges ist in Fig. 697 vor Augen geführt (Unruh und Liebig). Der Fahrstuhl F wird mittels 8 Rollen an den Schienen S S geführt und von einer sogen. Fangbühne B getragen, welche aus einem gehörig durch Schienen versteiften ebenfalls an S S geführten Rahmen besteht. Die Verbindung des Fahrstuhls erfolgt durch eine in der Mitte angebrachte Stütze a scharnierartig mit Hilfe eines durchgesteckten Bolzens damit sich die Fangbühne schief stellen kann. Letztere hängt nun an zwei Drahtseilen s s und besitzt unten bei k k Klauen, die so angebracht sind, dass sie sich mit Spielraum vor den Zähnen der Zahnstangen z z vorbeibewegen. Wenn eines der Seile reisst oder sich längt, so muss sich die Fangbühne B schiefstellen und wird dadurch ein Eingriff der Klaue an einer Seite in die Zangstange und ein Feststellen des Fahrstuhles bewirkt, ohne dass dieser die senkrechte Lage verliert.

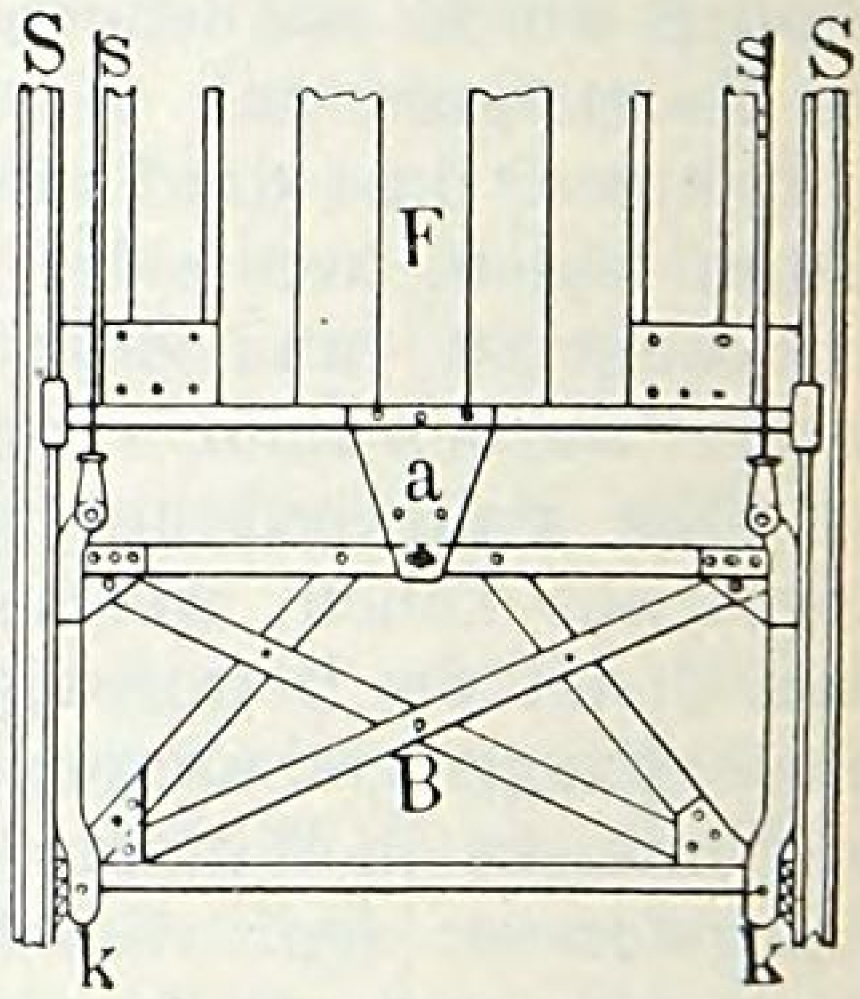


Fig. 697.

Die allgemeine Anordnung von Klemmbacken und Klemmrollen geht aus Fig. 698 hervor. Der Tragbolzen a stützt sich mit einer Schiene n

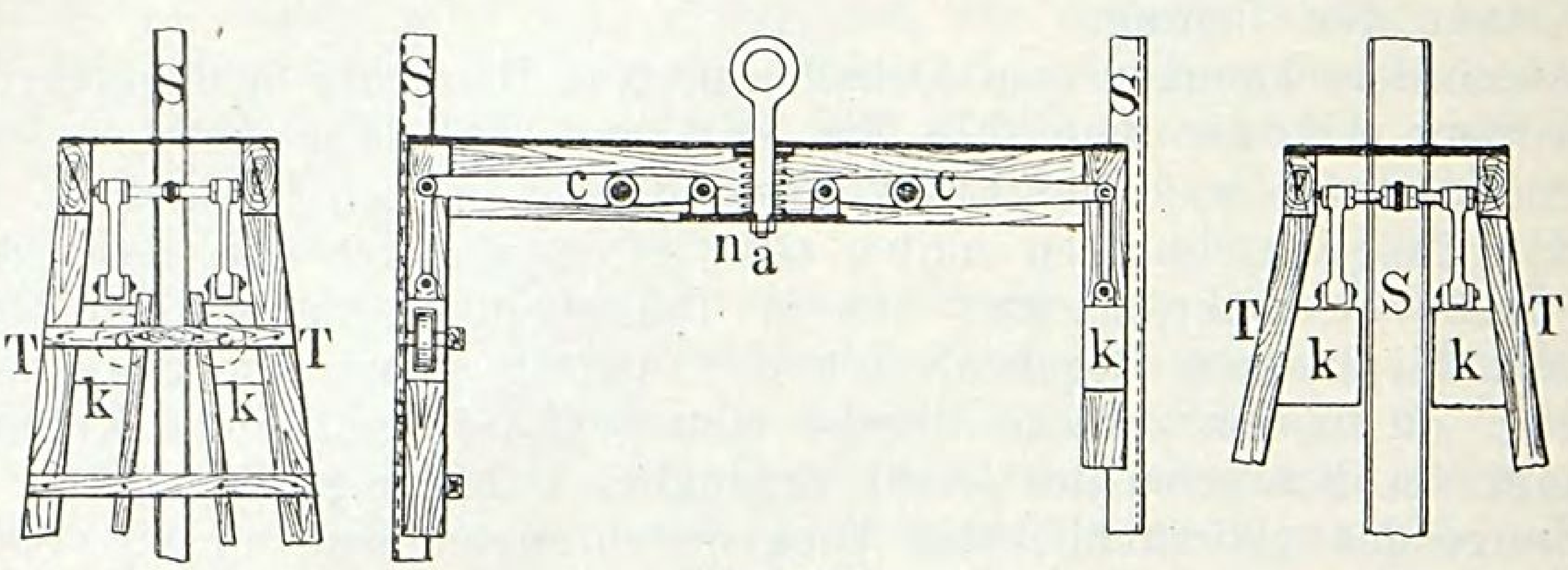


Fig. 698.

gegen eine Spiralfeder, welche ebenfalls nach Bruch des Seiles auf zwei Hebel c c in der Weise einwirkt, dass die paarweise notwendigen keilförmigen Klötze k k sich aufwärts bewegen. Wegen ihrer Keilform werden sie daher von den schrägen Tragschienen T T an die Führungsschienen S S derart angepresst, dass sie sich zwischen S und T genügend festklemmen, um den Fahrstuhl zwar schnell aber nicht plötzlich zum Stillstand zu bringen. — Benutzt man Rollen zum Einklemmen, so werden diese um Zapfen drehbar mit den Klötzen k k verbunden, die zu dem Zwecke als Rahmen ausgebildet sind.

Eine Ausführung mit Keilbacken zeigt Fig. 699 (Lissmann). Der Zugbolzen a geht durch das Querstück q des Fahrstuhls, das von der Blattfeder f getragen wird. Zwei Hebel c c nehmen je eine als Schraube ausgebildete Stange s auf, an welche vermittelst des Tragstückes i und zweier Zapfen zwei Keile k k angehängt sind, die sich an die schrägen Fahrstuhltragschienen t t anlegen, indem sie sich gleichzeitig auf den Zapfen verschieben. Infolge eines Seilbruches zieht die Feder die Stangen s s und somit die Keile k k aufwärts, welche sich nun an die Schienen S S legen und festpressen.

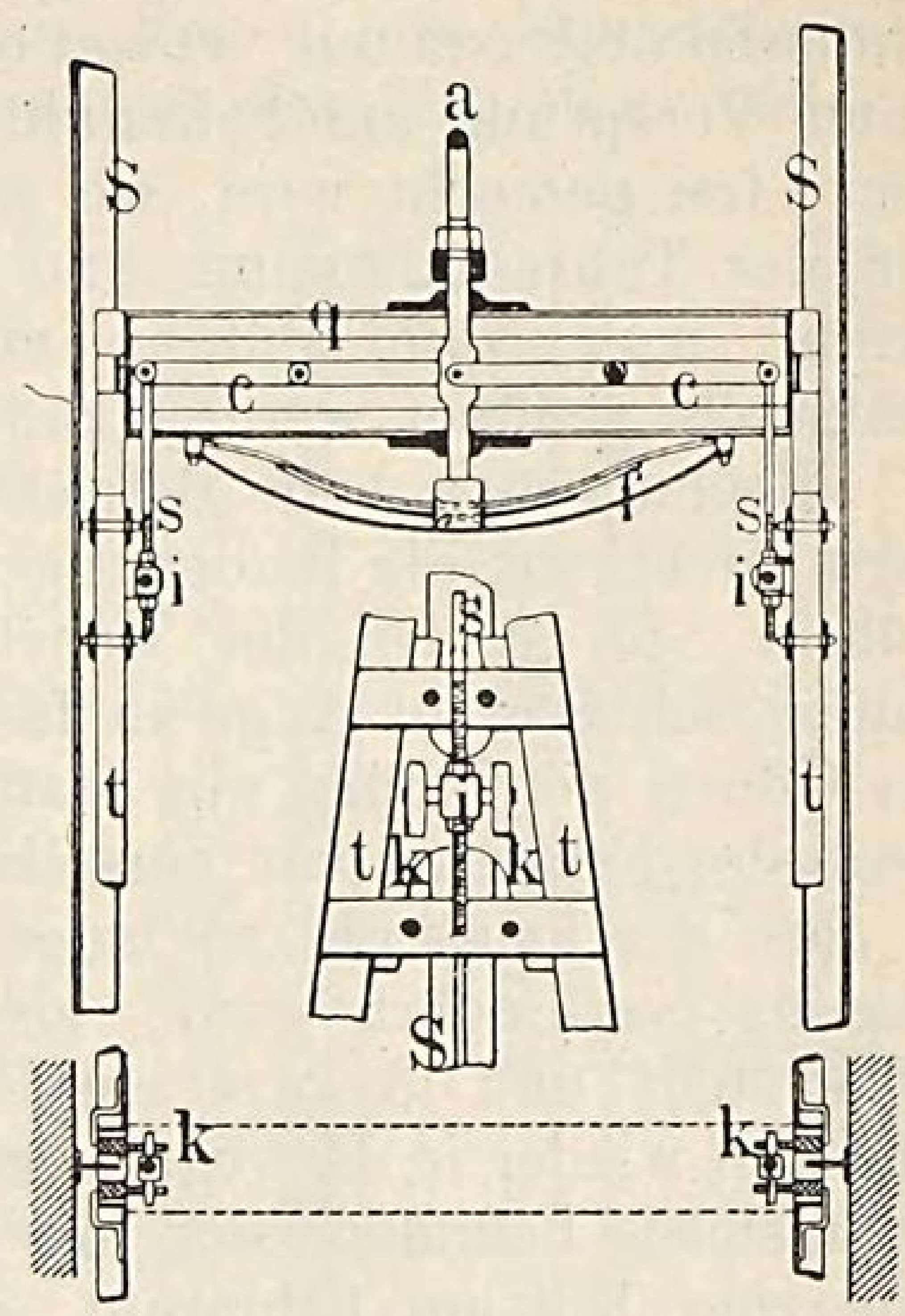


Fig. 699.

Eine eigentümliche, sehr wirksame Backenbremse (Schmidt-Kranz) Fig. 700 tritt dadurch in Thätigkeit, dass die mit dem Fahrstuhl verbundenen Fangbacken beim Bruche des Seiles durch Reibung an den Führungsschienen eine Geschwindigkeitsminderung erfahren und dadurch zum Klemmen gebracht werden. Der Fahrkorb F erhält mit dem Zugseil S eine elastische Verbindung durch den Tragbolzen a mit Spiralfeder f. Auf dem oberen Querbalken q sind zwei Hebel e e angebracht, die einerseits mit dem Tragbolzen a, andererseits mit den Fangstangen s s verbunden sind, welche mit langen Augen an den viertelkreisförmigen, drehbaren Backen n n angreifen. Jeder Backen geht frei an der zwischen t und d liegenden Führungsschiene f vorbei. Reisst das Seil, so ziehen die Hebel e e die Fangstangen s s aufwärts, die Fangbacken drehen sich etwas durch Anstossen an das Winkelstück, legen sich mit der gebogenen Fläche gegen die Schienen f und erfahren hierdurch eine Geschwindigkeitsminderung. Der nunmehr schneller fallende Fahrstuhl legt sich mit Winkelstücken d gegen die durch die Drehung schräg gestellte ebene Fläche der Fangbacken, die nunmehr sich stärker an die Führungsschienen anpressen und mit Unterstützung des Stückes t den Fahrstuhl zum Stillstand bringen. Dieselbe Wirkung lässt sich auch jederzeit mit Hilfe der Handkette b und Hebel c, c vom Fahrstuhl aus erzielen. — Eine sehr wertvolle Einrichtung ist ausserdem durch den sogenannten Notboden B getroffen, der an vier Ketten unter dem Fahrstuhl hängt und durch eine Schiene m so auf die Fangbacken einwirkt, dass diese auch bei der geringsten Hebung desselben in Thätigkeit treten. Dadurch werden Unfälle verhütet, die leicht beim Niedergang des Fahrstuhles durch Hineinstecken eines Gegenstandes (Körperteiles) in den Fahrschacht entstehen können.

Die Sicherung der Zugänge zu dem Fahrschacht, welche den Zweck hat, dafür Sorge zu tragen, dass die durch Thüren verschlossenen Zugänge nur geöffnet werden können, wenn der Fahrstuhl vor dem betreffenden Zugang sich in Ruhe befindet, richtet sich in Bezug auf ihre Anbringung und Ausführung zunächst nach der Bedienungsart des Aufzuges, je nachdem diese Bedienung nämlich von einer im Fahrstuhl be-

findlichen Person (**Führer**) oder **ausserhalb** des Schachtes stattfindet. Bei Aufzügen mit Führerbegleitung genügt es, die Thüre mit zwei Verschlüssen auszustatten, wovon der eine von einem Vorsprung am Fahrstuhl im Augenblicke frei gemacht wird, wo der Fahrstuhl vor der Thüre ankommt und der andere darauf **nur** vom Führer mittels eines Schlüssels geöffnet werden kann.

Rechnet man beim Betriebe eines Aufzuges nicht auf die Bedienung durch einen Führer, so ist bei der Konstruktion der Thürverschlüsse ins Auge zu fassen, 1. dass das Öffnen der Thüre nur stattfinden darf, wenn der Fahrstuhl vor derselben stillsteht, 2. dass der Fahrstuhl so lange an der Bewegung verhindert wird, als die Thüre offen steht und 3. erst nach Schluss der letzteren wieder in Bewegung geraten kann. Demgemäss befinden sich die Verschlussteile zum Teil am Fahrstuhl, zum Teil an der Thüre. In der Regel wendet man zwei Thürverschlüsse an, wovon einer von dem Fahrkorb, der zweite von aussen mittels einer Thürklinke bewegt wird und trifft daneben die Einrichtung, dass durch das Öffnen der Thüre der Fahrstuhl eine Hemmung erfährt, die beim Schliessen der Thüre wieder ausgelöst wird.

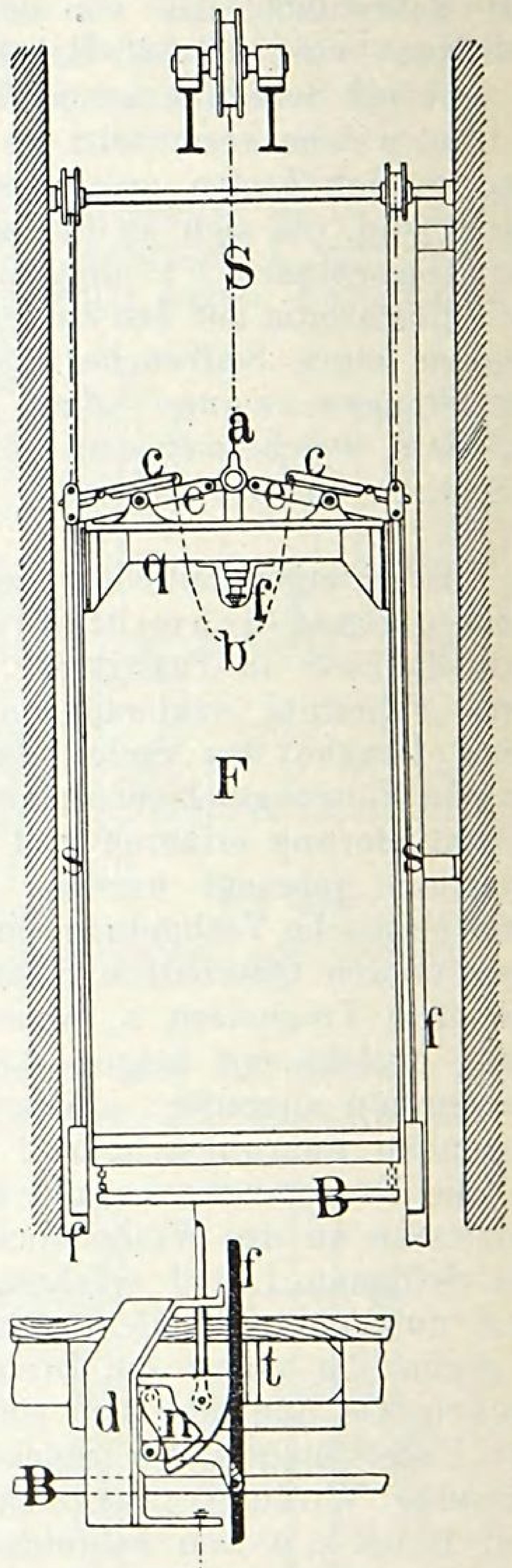


Fig. 700.

Die in Fig. 701 dargestellte Anordnung (**Berlin-Anhalter Maschinenbau-Gesellschaft**) erfüllt in sehr einfacher Weise sämtliche Bedingungen. Neben dem Fahrstuhl F läuft durch den ganzen Fahrschacht eine Steuerstange a, deren Bewegung durch ein Seil b nach der Aufzugsmaschine übertragen und deren Gewicht mittels desselben Seiles durch ein Gegengewicht aufgehoben wird. In jedem Stockwerke befindet sich links neben der Thüre t ein aus dem Schacht heraustretender Hebel d, der eine vertikale Bewegung der Steuerstange hervorbringt. Ausserdem lässt sich die Stange a durch eine kleine Handkurbel e mit Kegelzahnrädern drehen, um immer eine von den in jedem Stockwerk auf ihr befestigten Anschlagscheiben f so zu stellen, dass ein am Fahrstuhl angebrachter Knaggen gegen die Anschlagscheibe stösst und dadurch die Steuerstange vertikal verschiebt. Diese Vertikalverschiebung bringt die Aufzugsmaschine zum Stillstand oder zur Umkehrung der Bewegungsrichtung, z. B. durch Verschiebung des Antriebriemens.

Vor der Schachtthüre t liegt zum Verschluss ein horizontaler Riegel,

der sich durch einen Thürdrücker verschiebt und diese Verschiebung auf den Riegel c überträgt. Dieser Riegel ist am Ende n haken- oder uförmig gebogen, und umgreift mit diesem Haken die Steuerstange a zwischen den Cylindermuffen r r, wenn a sich in der Mittellage befindet, und verhindert dadurch die Bewegung der Steuerstange a, so lange die Thüre geöffnet ist. Bei geschlossener Thüre dahingegen hat der Riegel c eine solche Lage, dass die Muffen i i an dem Haken vorbeigehen können; steht die Steuerstange nicht in der Mittellage, so befindet sich eine der Muffen r vor dem Haken n und verhindert die Verschiebung des Riegels und damit ein Öffnen der Thür, weil in dieser Stellung der Thürdrücker unbeweglich ist. Die gezeichnete Mittellage der Steuerstange a entspricht daher der Stellung, welche durch Anstossen des Fahrstuhls an die Scheibe f in dem Augenblicke hervorgebracht wird, in dem der Fahrstuhl zum Stillstand kommt, und die Möglichkeit eingetreten ist, die Thüre zu öffnen. Auch kann der Fahrstuhl seine Bewegung erst wieder antreten, wenn die Thüre geschlossen ist, weil bei geöffneter Thüre der Haken n zwischen den Muffen r r liegt und die Verschiebung der Steuerstange verhindert. Damit endlich die Thürklinke der Schachtthüre erst bewegt werden kann, wenn der Fahrstuhl in dem betreffendem Stockwerke steht, ist noch eine besondere Klinkenverriegelung vorhanden, welche durch ein schräges Stück am Fahrstuhl rechtzeitig geöffnet und durch eine Feder geschlossen wird.

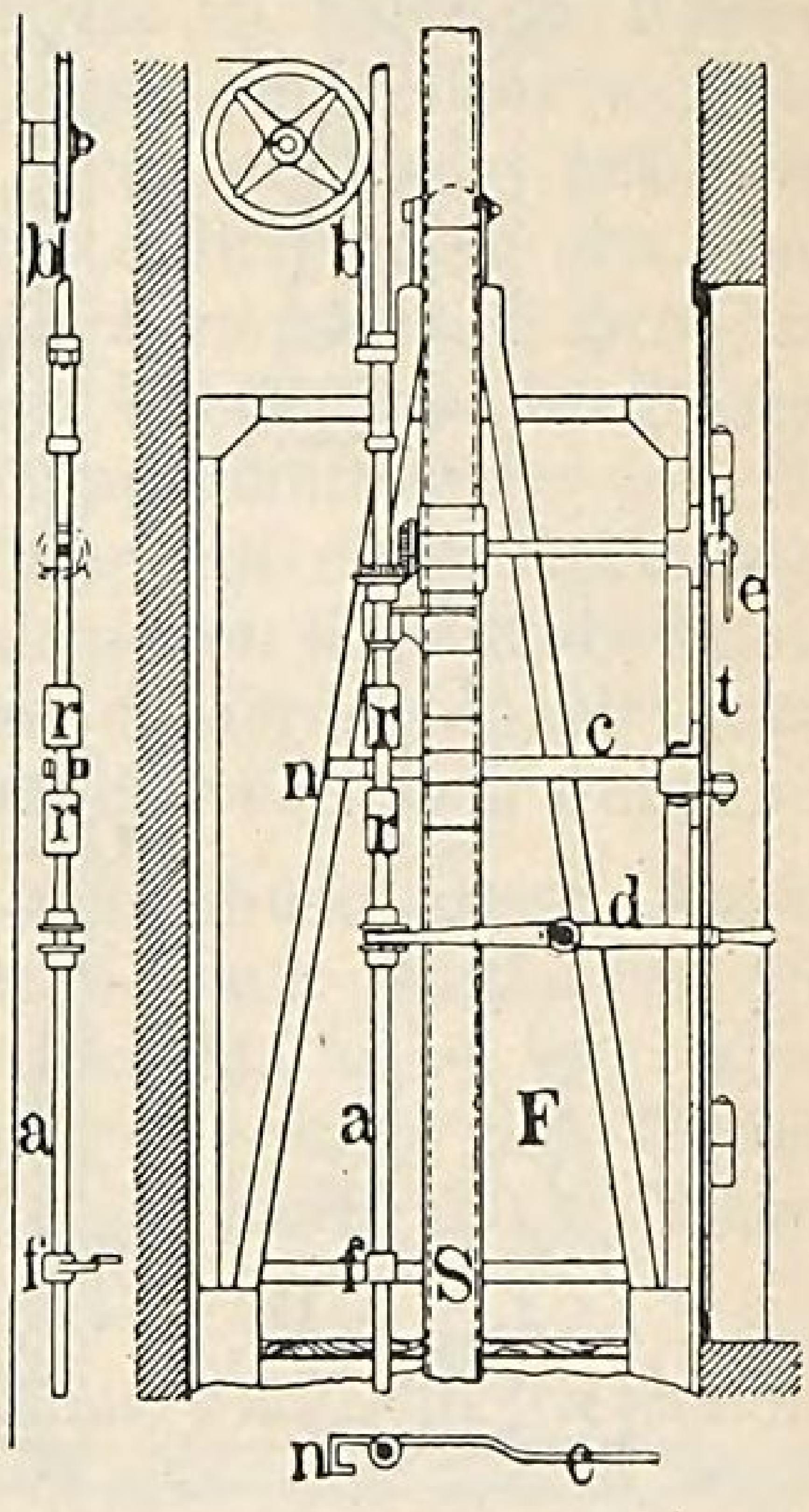


Fig. 701.

A. Winden-Aufzüge.

Ein bei Bauten vielfach verwendeter Bockaufzug ist in Fig. 702 dargestellt. Zwei vertikale Holzständer G G, die durch Sprossen s s mit einander zu einer Leiter verbunden sind, finden ihre Stützung in dem Bocke B und ihren oberen Abschluss in dem Querbalken A der nach beiden Seiten ausladet und Rollen r r für eine Kette k aufnimmt, welche abwechselnd von einer Windetrommel T auf- und abgewickelt wird. An dieser Kette k hängen zwei Förderschalen L L, und zwar so, dass beide Schalen sich gegenseitig im Gewichte ausgleichen und die eine sich senkt, während die andere steigt (Doppelaufzug). Die Bewegung der Förderschalen geht von den Handkurbeln H H nebst Vorgelege- und Trommel T aus, die abwechselnd nach entgegengesetzt gedreht wird, weshalb die Kurbelwelle auch zwei Sperräder von entgegengesetztem Sinne erhalten muss.

Zum Aufziehen von Steinen und sonstigem Baumaterial eignet sich vorzüglich die durch Fig. 703 vor Augen geführte Anordnung. Unten auf der Erde und auf einem Gerüst in der Höhe der Verwendungsstelle wird je ein bockartiges Gestell B und A mit sechskantiger Trommel T von 80 *cm* Durchmesser aufgestellt, um welche eine endlose Flachschienen-

kette k k gelegt ist. Diese Kette, deren Gliederlänge mit der Breite einer Trommelseite übereinstimmt, trägt in Abständen von je einer Gliedlänge

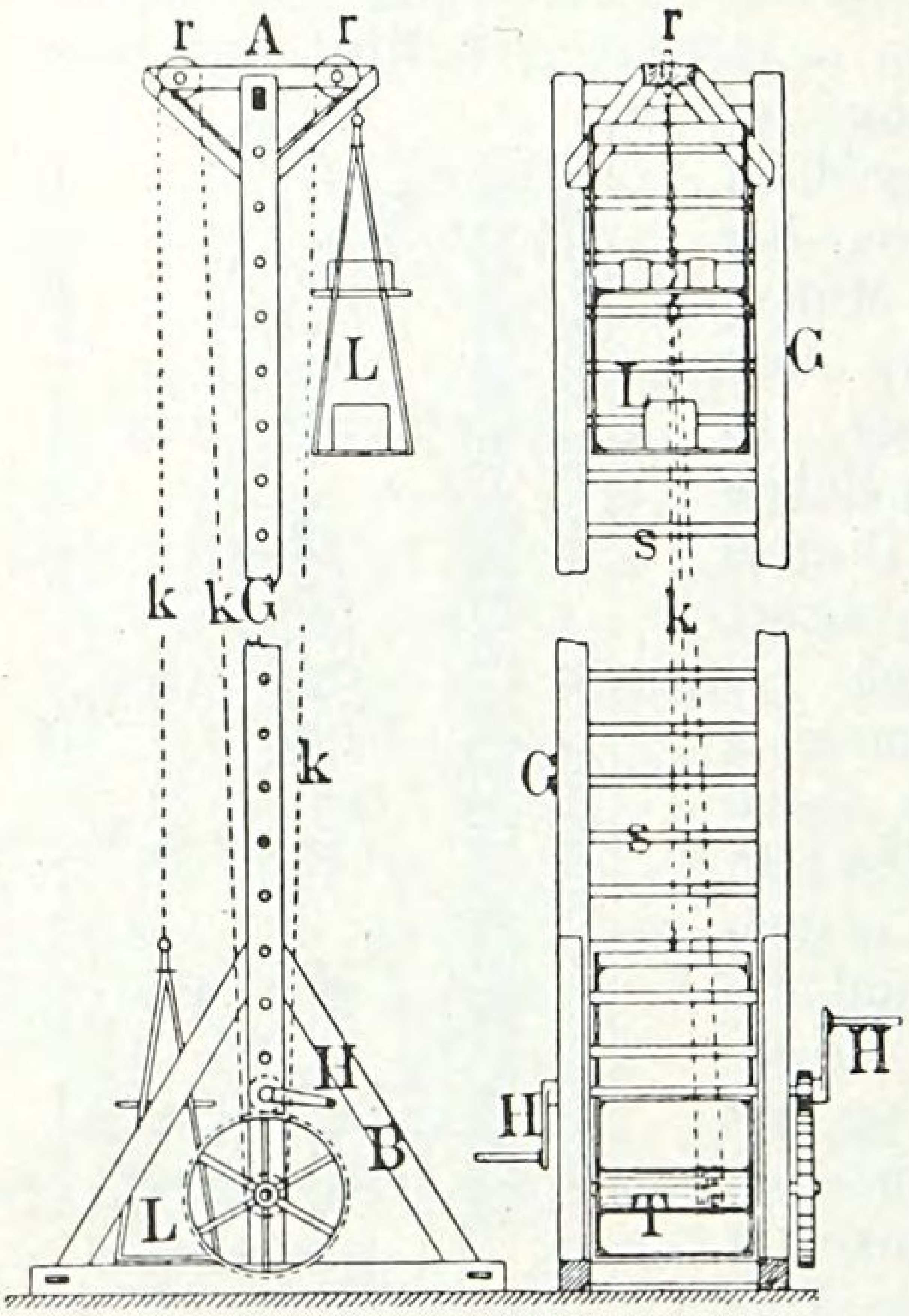


Fig. 702.

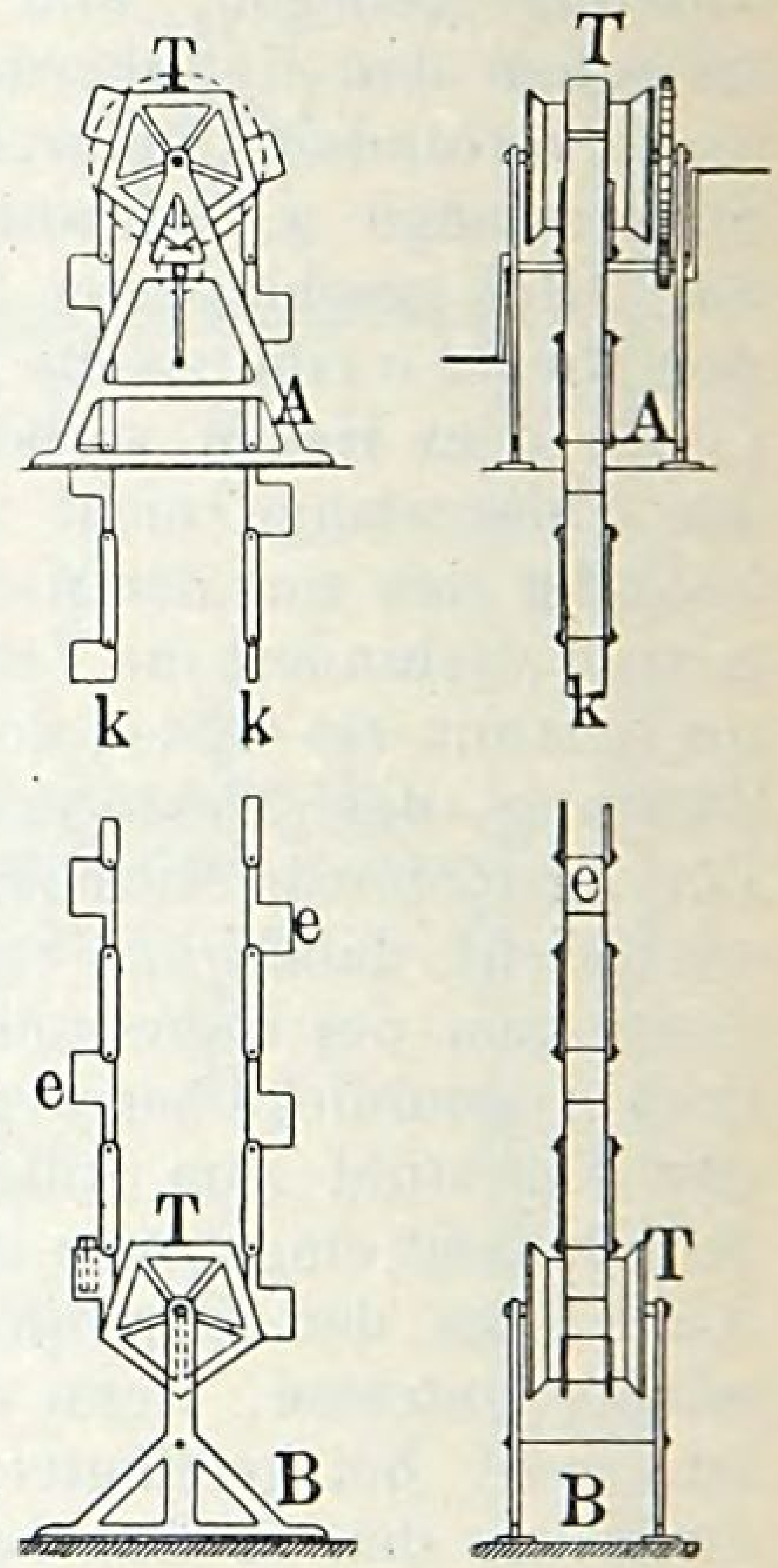


Fig. 703.

Blecheimer e e, welche unten gefüllt und oben geleert werden, während die Zahnradwinde die Bewegung der Kette bethätigt. Die Anpassung an die verschiedenen Bauhöhen erfolgt in einfachster Weise durch Auslösung oder Einschaltung von Kettengliedern, welche deshalb häufig nach Art der Stotz'schen Ketten (Fig. 112 IV S. 63) hergestellt werden. Bei manchen Aufzügen vorstehender Anordnung begnügt man sich statt der Eimer e mit Tragstäben oder Platten.

Trifft man bei diesen Aufzügen die Einrichtung, dass sich die Eimer oder Becher selbstthätig füllen und entleeren, so entsteht das sog. Becher- oder Eimerwerk (Paternosterwerk, Elevator), dessen typische Anordnung aus Fig. 704 hervorgeht und dessen Gebrauch zum Heben von Sammelkörpern (Getreide, Mehl, Sand, Zement u. dgl.) ausserordentlich umfangreich ist. Die Becher e e dieses Aufzuges sind aus Eisenblech, getrockneter Haut oder Leder, mitunter aus Holz hergestellt und auf der Oberfläche eines endlosen Lederriemens eines aus Hanf, Baumwolle, Drahtnetz gewebten oder geflochtenen Gurtes oder eines Kettenpaares durch Aufnieten, Schrauben u. s. w. befestigt, welcher Riemen über die zwei Riemenscheiben o und o geführt und gespannt wird, indem sich die obere Riemenscheibe o vermittelst der

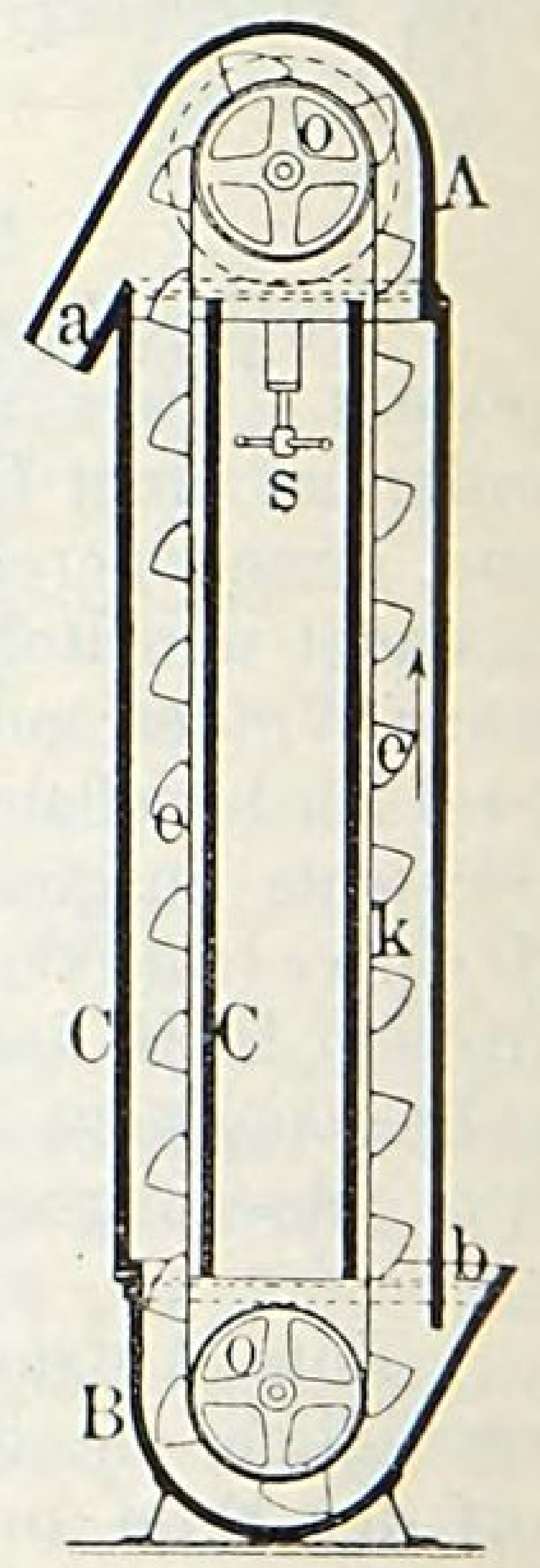


Fig. 704.

Schraube s in dem Lager verschieben und dadurch der Riemen gehörig spannen lässt. Der Antrieb erfolgt gewöhnlich von einer Transmission aus, indem eine der beiden Scheibenachsen mit einer Fest- und Losscheibe nebst Riemenrücker versehen ist. Die untere Scheibe o befindet sich in einem halbcylindrischen Gefässe B, dem das zu hebende Material durch das Einlasstrichter b zugeführt wird, so dass die Becher sich bei der Bewegung durch diesen Behälter füllen und oben angelangt entleeren, indem der Inhalt derselben in den Abführkanal a fällt, wobei die nach oben gekehrte Becherseite des vorhergehenden Bechers zugleich den Einwurf in den Kanal a vermittelt. Um einerseits ein Verstauben des Becherinhaltes zu vermeiden und andererseits das etwa verschüttete in den Behälter zurückzubringen, umgiebt man diesen Elevator mit einer Bekleidung C C, so dass die Eimer sich in vertikalen abgeschlossenen Kanälen bewegen, welche unten und oben offen sind. — Ist der zu fördernde Inhalt nicht trocken oder nicht staubartig, so kann dieser Umschluss natürlich wegfallen.

Eine besondere und ausgedehnte Verwendung finden diese Eimerwerke als Baggermaschinen zum Baggern d. h. zum Ausheben von Schlamm, Sand, Gerölle etc. aus Flussbetten, Kanälen u. s. w., sowie zum Austiefen von Baugruben, Kanälen u. dergl., als auch zum Graben beim Baue von Eisenbahnen u. s. w., wobei sie häufig den Namen Exkavatoren oder Grabemaschinen führen.

Zum Zwecke des Baggerns bringt man das Eimerwerk, um es passend transportabel zu haben, auf einem Prahm, einem Wagen oder einem Schiffe an, an das zugleich zur Aufnahme des Baggergutes und zum Fortschaffen desselben z. B. zum Meere kleinere Schiffe sich seitwärts anlegen.

Die aus Stahlblech gebildeten Eimer füllen sich, indem ihre deshalb schneidig geformten Vorderkanten die Bodenmasse abstechen und aufschöpfen. Um dabei den Baggerapparat der Höhenlage des abzubaggernden Bodens anpassen zu können, lagert man die Achsen der beiden Kettentrommeln (Turas) an den Enden eines langen hölzernen oder eisernen Rahmens, der sog. Baggerleiter oder Eimerleiter, welcher am unteren Ende von einer Kette getragen wird, die von der Trommel einer Winde auf- und abgewickelt, den Rahmen mit dem unteren Ende nach Bedürfnis unter Drehung desselben um eine oben angebrachte horizontale Achse hebt und senkt.

Haben die Baggermaschinen die Bestimmung, trockenes Erdreich zu heben (Trockenbagger) oder unmittelbar neben festem Boden z. B. an der Böschung eines Kanales zu arbeiten (Exkavator) so bringt man sie an einem auf einer Eisenbahn fahrbaren Wagen an, neben welchen kleinere Wagen namentlich Kippwagen (S. 748) zur Aufnahme und Fortschaffung des Fördergutes angefahren werden.

Der Betrieb der Baggermaschine bedarf wegen der bedeutenden zu überwindenden Widerstände eines solchen Kraftaufwandes, dass fast ausschliesslich Dampfmaschinen dazu in Verwendung stehen, welche daher im Baggerschiff oder Baggerwagen untergebracht sind und zwar zugleich mit der Bestimmung, das Schiff oder den Wagen zu bewegen. Das erstere mit Hilfe einer auf- und abwickelbaren Ankerkette, den letzteren mittels Räder- und Ketten- oder Zahnradgetriebe (Dampfbagger).

Eine besondere Ausführung dieser Gattung von Aufzügen besteht darin, dass die Fördergefässe nicht an endlosen Ketten hängen, sondern an einer Laufkatze, die auf Schienen läuft, welche 30 bis 45° gegen den Horizont geneigt liegen, so dass die aufzuziehende Last von diesen Schienen getragen wird. Da diese Anordnnng namentlich dann den Vorzug verdient, wenn es sich um die Hebung schwerer Gegenstände handelt, so trifft man sie vielfach zum Transport von Erzen, Eisenstücken u. dergl.; wie es die Beschickung von Hochöfen, Kupolöfen etc. fordert, und zwar in der Weise ausgeführt, dass die zum Horizontaltransport dienenden Fördergefässe z. B. Hunde (S. 747) unmittelbar an die Laufkatze gehängt werden und auf den höchsten Förderpunkt angekommen, selbstthätig durch Kippen zum Entleeren gebracht werden. Ein solcher Gichtaufzug (Becker) zum Beschicken eines grossen Kupolofens ist in seinen wesentlichen Teilen durch Fig. 705 vor Augen geführt. Die Grundlage desselben bildet zwei

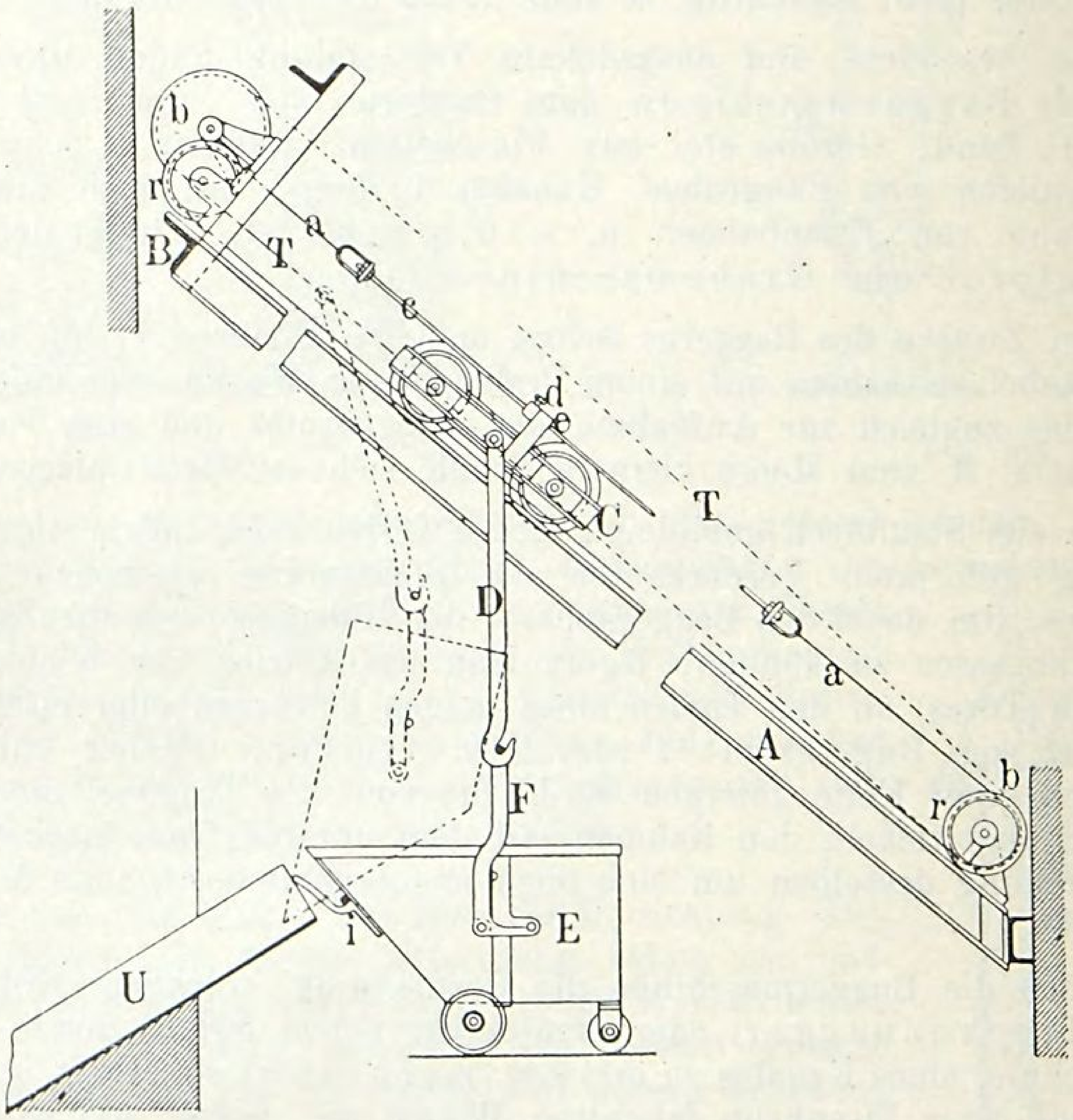


Fig. 705.

parallel unter einem Winkel von 45° ansteigenden Schienen A aus ⊏ Eisen, welche sich unten an die horizontale Fahrbahn anschliessen und oben über der Gichtöffnung U durch Querstücke B abgesteift und befestigt sind. Auf diesen Schienen bewegt sich die vierrädrige Katze C, welche an jeder Seite eine Hängeschiene D trägt, in deren Haken sich der Kippwagen E einhängt. Die Katze C ist an der Zugkette T befestigt, welche über die Führungsrollen b b nach der Trommel einer Trommelwinde geht, die an

einer passend erscheinenden beliebigen Stelle angebracht und von einem Transmissionsriemen mit einfachem Rädervorgelege angetrieben wird. Zur Selbstausrückung der Antriebsvorrichtung dient eine Steuerkette a a, die über zwei Rollen r r gespannt und mit ihren Enden an eine runde Stahlstange c angeschlossen ist, welche bei d einen Anschlag besitzt, gegen den die Katze C mit dem die Stange umfassenden und zugleich tragenden Bügel e anstösst, wenn sie den höchsten Stand erreicht. Dadurch erhält diese Stange eine Bewegung, welche die Steuerkette a a auf eine Ausrückungsvorrichtung überträgt, die im Windegestelle untergebracht und mittels einer Kurvenmuffe zur Verschiebung des Riemenrückers veranlasst wird, so dass der Riemen auf die Losscheibe und die Winde zum Stillstand gelangt. Der Rücklauf der Katze erfolgt durch ihr eigenes Gewicht, die Einrückung des Riemens durch Hand.

Befindet sich die Katze unten, so stehen die Haken der Hängeschienen so hoch, dass sich der Bügel F des angefahrenen dreirädrigen Kippwagens E ohne weiteres in die Haken legt. Am vorderen Ende des Wagens sind zwei Scheren i und vor der Gichtöffnung eine Eisenstange I befestigt. Infolgedessen kommt der sich weiter bewegende Wagen E in die punktirt angedeutete Lage, indem er sich um zwei Seitenzapfen dreht, an welchen derselbe in dem Bügel F hängt. Dadurch gekippt schüttet er seinen Inhalt in die Rinne der Gichtöffnung U des Kupolofens.

Die Fig. 706 stellt einen Windenaufzug dar, der sich durch grosse Einfachheit auszeichnet und sehr häufig freistehend d. h. ausserhalb eines Gebäudes angebracht wird. Die Plattform P ruht auf einem Gerüst von Eisenstangen a b die konsolartig zusammengefügt sind. Bei c nimmt die Plattform die Lastkette k auf, welche von der Trommel T der Winde W mit doppeltem Vorgelege auf- und abgewickelt wird. Zur Bremsung der Plattform beim Niederlassen dient eine an der Trommel T wirkende Bandbremse mit Bremshebel L und zur Führung derselben zwei Rollensysteme p und q, die an den zwei gegenüberliegenden Seiten der Führungsschienen S laufen und damit zugleich das Kippen der Plattform verhindern. Als Führungsschienen verwendet man entweder Winkel- oder T-eisen. Da die Rollen p und q so liegen, dass z. B. beim Abreissen der Kette, durch das Übergewicht der Plattform ein zweifaches Kräftepaar in Wirkung tritt und die Rollen an die Führungsschienen presst, so bilden sie zugleich einen selbstthätigen Bremsapparat.

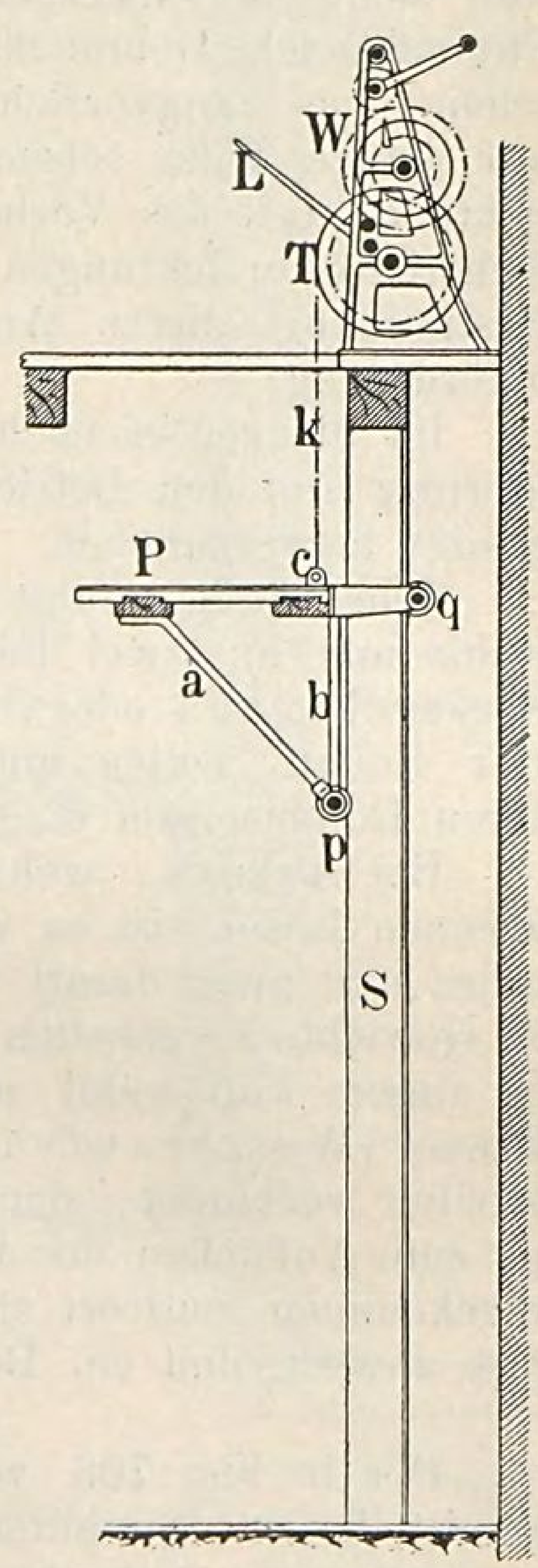


Fig. 706.

Zur Erklärung gewöhnlicher Aufzugsanlagen kann der in Fig. 707 skizzirte Lastenaufzug dienen. Der aus viereckigen Eisenrahmen mit Boden-

platte gebildete und nach Bedürfnis seitwärts offene oder mit einfachen Eisenkreuzen, Gittern, Holzwänden, zwei oder dreiwändig abgeschlossene Fahrstuhl F ist zunächst mittels vier Rollenpaaren an vier Laufschienen S S auf das Sicherste geführt und durch das Gegengewicht G ausgeglichen, welches an einem Seile i i hängt, das über die Rolle t geleitet und bei u an den Fahrstuhl angeschlossen wird. Das Betriebsseil s s, welches durch zwei Rollen u und v eine Führung erhält, wickelt sich auf die Trommel T auf, die zu dem Zwecke von der Vorgelegewinde W gedreht wird, welche mittels des Rahmens G an der Wand befestigt und zum Antrieb mit einer Riemenscheibe R ausgestattet ist.

In dieser einfachen Ausführung kann der Aufzug nur beschränkte Anwendung finden, weil sämtliche Sicherheitsvorrichtungen fehlen. Für zahlreiche Gebrauchszwecke genügt es auch schon eine Fangvorrichtung anzubringen und nur einige Fälle setzen neben der Fangvorrichtung noch das Vorhandensein der anderen Sicherheitsvorrichtungen voraus z. B. bei der Bestimmung dieses Aufzuges zur Personenbeförderung.

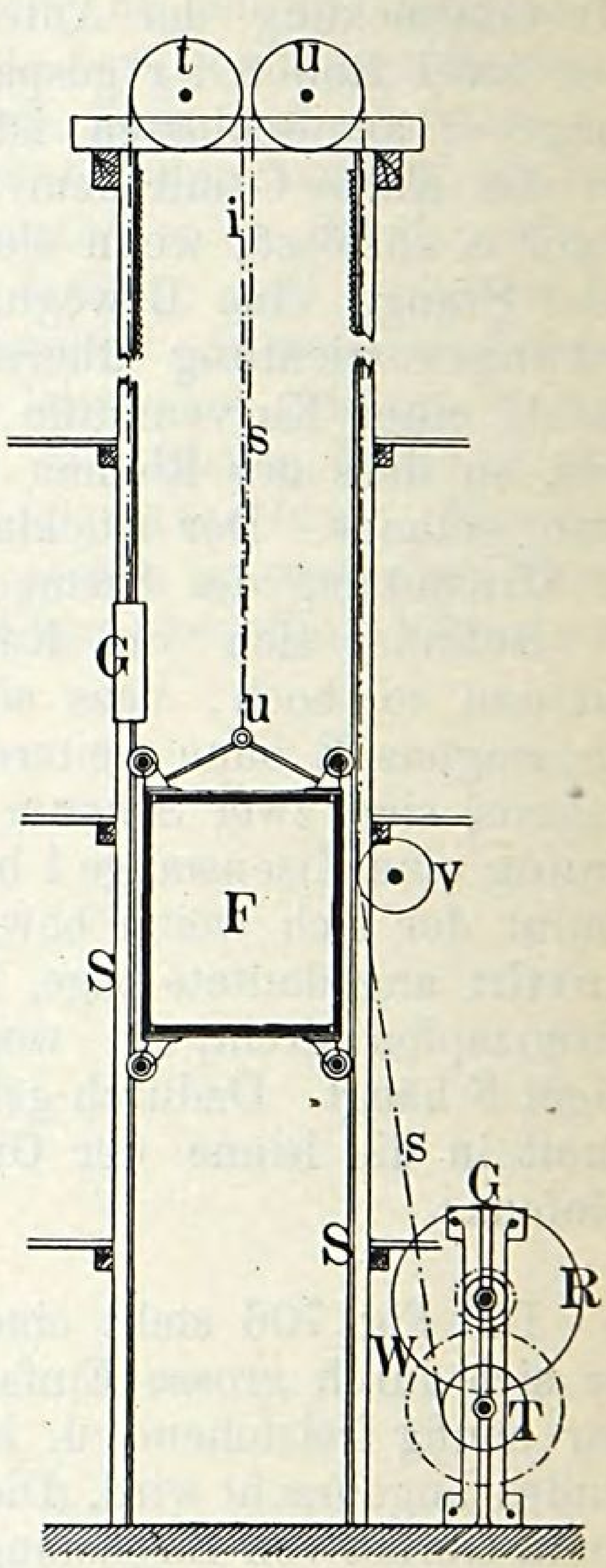


Fig. 707.

Im übrigen ist noch in Bezug auf die Ausführung und den Betrieb dieser Aufzüge folgendes hervorzuheben.

Sehr häufig erfolgt die Führung des Fahrstuhls nur an zwei Führungsschienen mittels Backen (**Backen oder Prismenführung**) oder vier Rollen, selten mittels vier Rollenpaare, deren Rollenachsen diagonal stehen.

Bei Anlagen, welche zwei Aufzüge notwendig oder erwünscht erscheinen lassen, ist es vorteilhaft, die Aufstellung unmittelbar neben einander und zwar derart vorzunehmen, dass die Fahrstühle sich gegenseitig im Gewichte ausgleichen und entgegengesetzt bewegen (**Doppelaufzüge**). In diesem Fall wählt man mitunter als Antriebsmittel das Gewicht von Wasser (**Wasseraufzüge**), indem man mit jedem Fahrstuhl einen Wasserbehälter verbindet, der in der höchten Stellung soviel Wasser aufnimmt, als zum Aufziehen des unten stehenden Fahrstuhls erforderlich ist. Unten angekommen, entleert sich der Behälter durch Aufstossen eines Ventils, so dass abwechselnd ein Behälter nach dem anderen in Thätigkeit tritt.

Der in Fig. 708 vor Augen geführte Personenaufzug (**Otis**) ist mit unmittelbaren Dampfmaschinenbetrieb, mit Fangvorrichtung, Sicherheitstrommel sowie selbstthätiger und Handsteuerung ausgestattet. Der Fahrstuhl F hängt mittels Blattfeder elastisch an zwei Seilen s und wird durch Rollen an den mit Zähnen versehenen gusseisernen Schienen S S an hölzernen Ständern geführt. Zum Auf- und Abwickeln der Tragseile dient die oben im Fahrschacht aufgestellte Windetrommel A (**Sicherheitstrommel**),

welche mit einer Bremse versehen ist, deren Band durch den Bremshebel h mit Gewicht Q selbstthätig angezogen wird, wenn der den Hebel h stützende Hebel i den ersteren freigiebt. Zu dem Zwecke dient ein vor der Trommel aufgestellter Zentrifugalregulator (Fig. 296, S. 252) der von der Trommel A angetrieben, bei Überschreitung einer bestimmten Geschwindigkeit durch die Hülse den Stützhebel i auslöst und das Gewicht Q zur Wirkung bringt.

Die im Keller aufgestellte Dampfmaschine D besteht aus einer gekuppelten vertikalen Zwillingsmaschine, die mit um 90° verstellten Kurbeln eine Riemenscheibe a antreibt, von welcher durch einen durch Spannrollen gespannten Riemen die Bewegung auf die Vorgelegescheibe b der eigentlichen Winde B übertragen wird. Von der Trommel dieser Winde laufen zwei Seile t t zu der Trommel A, um diese in Umdrehung zu setzen und die Tragseile s s aufzuwickeln. Die Tragseile s und die Windeseile t sind für sich mit den Enden auf der Trommel A befestigt, so dass s sich aufwickeln, während t sich abwickeln und umgekehrt. Man erreicht hiedurch eine erhöhte Sicherheit, da die Folgen etwaiger Brüche der Windeseile nicht auf die Tragseile übertragen werden.

Die mit Kolbensteuerung ausgestattete Dampfmaschine ist zum Zwecke der Bewegungsumkehr mit einer Drehschieberumsteuerung bei u versehen, die zunächst von dem endlosen Seil z gesteuert wird

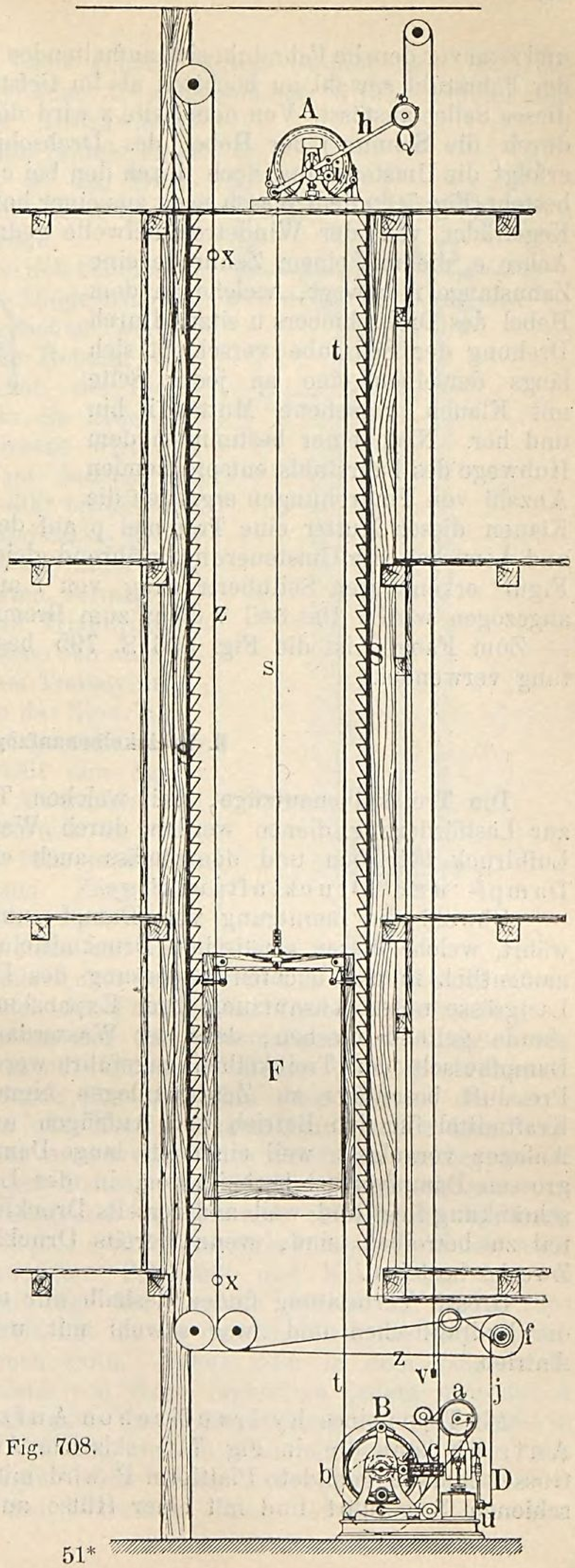


Fig. 708.

und zwar von dem im Fahrstuhl sich aufhaltenden Wärter oder selbstthätig, indem der Fahrstuhl sowohl im höchsten als im tiefsten Stande an die Knaggen x x dieses Seiles anstösst. Von dem Seile z wird die Seilscheibe t und von dieser durch die Schnur j der Hebel des Drehschiebers u bewegt. Ausserdem erfolgt die Umsteuerung noch durch den bei c sichtbaren Apparat. Derselbe besteht (Fig. 709) dem Wesen nach aus einer horizontalen Schraube, die durch Kegelräder von der Windetrommelwelle gedreht wird, und einer kurzen Achse e, die mit einem Zahnrade eine Zahnstange n bewegt, welche an dem Hebel des Drehschiebers u sitzt. Durch Drehung der Schraube verschiebt sich längs derselben eine an jeder Seite mit Klauen versehene Mutter i hin und her. Nach einer bestimmten dem Hubwege des Fahrstuhls entsprechenden Anzahl von Umdrehungen ergreifen die Klauen dieser Mutter eine Trommel p auf der Achse e, nehmen diese mit und bewirken die Umsteuerung, während gleichzeitig mit Hilfe der aus der Figur erkennbaren Seilübertragung von f aus die Bremse der Winde B angezogen wird. Das Seil v dient zum Bremsen der Sicherheitstrommel A. — Zum Fangen ist die Fig. 696 S. 795 beschriebene Klauenfangvorrichtung verwendet.

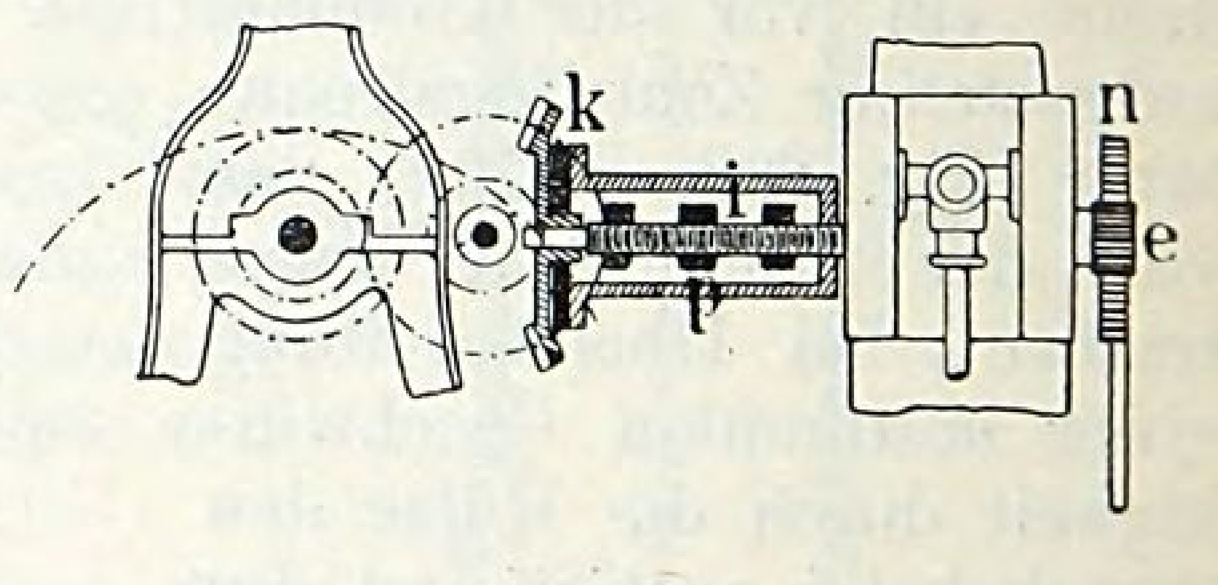


Fig. 709.

B. Treibkolbenaufzüge.

Die Treibkolbenaufzüge, bei welchen Treibkolbenhebezeuge (S. 786) zur Lastförderung dienen werden durch Wasserdruck, Dampfdruck oder Luftdruck betrieben und demgemäss auch eingeteilt in hydraulische, Dampf- und Druckluftaufzüge.

Obwohl die Benutzung von Dampf- und Druckluft die Vorteile gewährt, welche diesen elastischen Druckmitteln eigentümlich sind und sich namentlich in der leichten Anpassung des Druckes an die zu fördernde Lastgrösse unter Ausnutzung ihrer Expansionsfähigkeit sowie in dem Umstande geltend machen, dass der Wasserdampf ohne weiteres von den Dampfkesseln den Treibkolben zugeführt werden kann und dass sich die Pressluft besonders zu Zentralanlagen eignet, so haben dennoch diese Kraftmittel für den Betrieb von Aufzügen nur in vereinzelten Fällen zu Anlagen veranlasst, weil einerseits lange Dampfleitungen durch Kondension grossen Dampfverlust herbeiführen, in der Leitungslänge eine grosse Beschränkung liegt und weil andererseits Druckluftaufzüge nur dann mit Vorteil zu betreiben sind, wenn bereits Druckluftanlagen auch für andere Zwecke bestehen.

Grosse Verbreitung finden deshalb nur unter den Treibkolbenaufzügen die hydraulischen und zwar sowohl mit unmittelbarem als mittelbarem Antrieb.

Als Typus eines hydraulischen Aufzuges mit unmittelbarem Antrieb kann die in Fig. 710 skizzirte Anlage gelten. Die aus einer Gusseisenplatte gebildete Plattform P wird mittels Backen an den Führungsschienen S geführt und mit einer Hülse auf den Plungerkolben K, der

als Treibkolben dient und oben gehörig durch Stopfbüchsen (S. 122) abgedichtet von dem Treibcylinder C aufgenommen wird. Indem nun das Druckwasser von einer Druckwasserleitung oder einem Akkumulator mittels einer Steuerung) durch das Rohr a in den Treibcylinder C eintritt, erfolgt die Hebung des Treibkolbens und der Plattform.

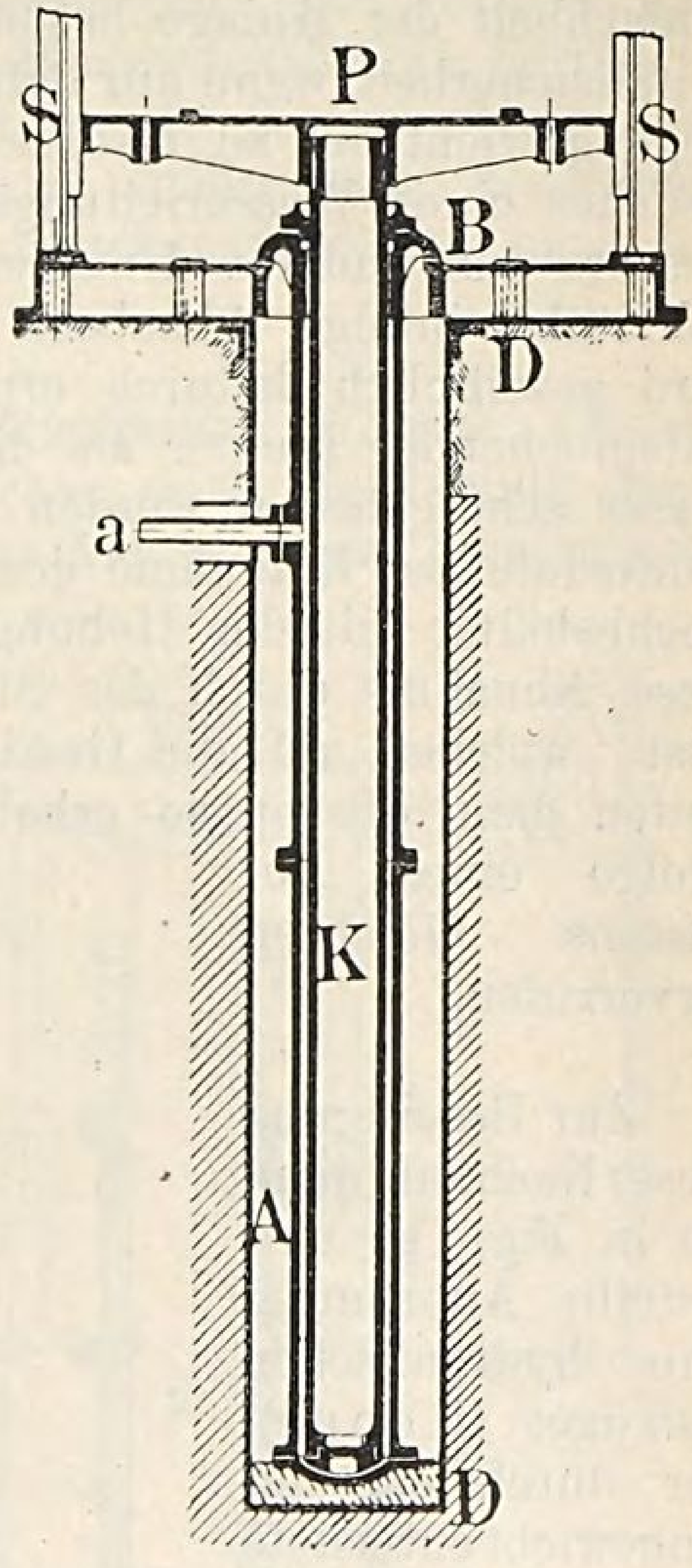


Fig. 710.

Der Treibkolben muss natürlich bei diesem unmittelbaren Antrieb diejenige Länge erhalten, um welche der Fahrstuhl gehoben werden soll, und demnach, wenn diese Hebung vom Fussboden aus zu erfolgen hat, der Treibcylinder um dieselbe Länge in die Erde eingelassen werden. Zu dem Zwecke wird ein Schacht A hergestellt und im Innern mit einem Eisenblechcylinder von 600 bis 650 *mm* Durchmesser und solcher Wandstärke (5 bis 6 *mm*) bekleidet, dass der Blechcylinder dem Erddrucke Widerstand zu leisten vermag. In diesen Schacht senkt man den Treibcylinder von oben ein und füllt mindestens den unteren Raum mit Beton aus, der dem Treibcylinder eine Unterstützung und gegen das Eindringen von Grundwasser einen Schutz gewährt. Der andere Teil des Schachtes erhält eine Sandfüllung, um das plötzliche Auslaufen des Wassers bei einem Cylinderbruch zu verhindern. In einzelnen Fällen füllt man den ganzen Schacht mit Beton aus. Zum Abschlusse des Schachtes dient eine starke gusseiserne Fundamentplatte B, welche auf dem gemauerten Fundament D mittels Anker befestigt und in der Mitte mit einem Kranz versehen ist, auf den sich der Flansch des Treibcylinders auflegt.

Der Fahrstuhl, dessen Grösse sich den jedesmaligen Verhältnissen anzupassen hat, bewegt sich in einem entweder offenen oder geschlossenen Fahrschacht und zwar stets durch Gegengewichte ausgeglichen, die, nach Art Fig. 500 S. 796 an Seilen oder Ketten hängend, sich neben dem Fahrschacht oder oft auch an der Aussenwand des Gebäudes untergebracht sind. Um bei einem etwaigen Bruche des Kolbens oder Ablösen des Fahrstuhls ein plötzliches Aufschnellen des letzteren infolge der Wirkung der Gegengewichte zu vermeiden, stellt man zweckmässiger Weise noch eine Sicherheitsverbindung zwischen Fahrstuhl und Kolben durch zwei Ketten oder durch eine Eisenstange her, welche sowohl am Boden des Kolben als an der Plattform befestigt ist, so dass die Last des Kolbens sich nicht von dem Fahrkorb trennen kann. Neben oder in dem Fahrschacht befindet sich eine Schnur, welche von Hand regiert zu jedem Augenblick eine Umsteuerung gestattet, die auch durch Einwirkung des Fahrstuhls in der höchsten und niedrigsten Stellung auf die Steuerschnur (S. 803) auch selbstthätig erfolgt. Im übrigen bietet dieser Aufzug einen sehr hohen Grad von Sicherheit infolge des Umstandes, dass der Kolben mit dem

Fahrstuhl und dessen Belastung von der Wassersäule getragen, weshalb derselbe namentlich für Personenförderung ausgeführt wird.

Die unmittelbar wirkenden hydraulischen Aufzüge besitzen nebst der Einfachheit der Anlage besonders den Vorzug einer grossen Betriebs- und Unfallsicherheit, wenn nur dafür Sorge getroffen wird durch ein entsprechendes Gegengewicht ein zu rasches Niedergehen des Fahrstuhls z. B. infolge des Bruches eines Wasserleitungsrohres oder schnellen Ausfliessens des Druckwassers aus anderen Ursachen, sowie andererseits das Aufschnellen des Fahrstuhls infolge Abhebens von dem Kolben zu verhindern. Das letztere wird gewöhnlich dadurch erreicht, dass man das Gegengewicht um ein Entsprechendes kleiner als die ganze tote Last macht, wobei jedoch nicht ausser acht gelassen werden darf, dass sowohl der Auftrieb als die Wasserdrucksäule bei Entnahme des Wassers aus einer Wasserleitung oder einem Hochbehälter mit der Hebung des Fahrstuhls ebenso abnimmt, und dass diese Abnahme durch das Stück der Gegengewichtskette sich ausgleichen lässt, welches auf die Gewichtsseite übertritt. Es müssen jedoch diese Ketten dann oft ein so erhebliches Gewicht erhalten, dass sie wiederum infolge eines Abreissens Gefahren hervorrufen.

Zur Beseitigung dieser Nachteile dient die in Fig. 711 dargestellte Anordnung eines hydraulischen Aufzuges (Hoppe). Der durch ein Gegengewicht entlastete Fahrstuhl F ist an einen Kolben k angeschlossen, der unten einen Scheibenkolben s trägt und oben durch die Stopfbüchse a in dem Druckrohr A abgedichtet ist. Das durch den Schiebersteuerkasten b geregelt zufliessende Druckwasser gelangt durch das Rohr d in den Treibcylinder A und hebt den Fahrkorb. Neben dem Aufzug ist zur ebenen Erde ein Wasserbehälter B aufgestellt, aus dem

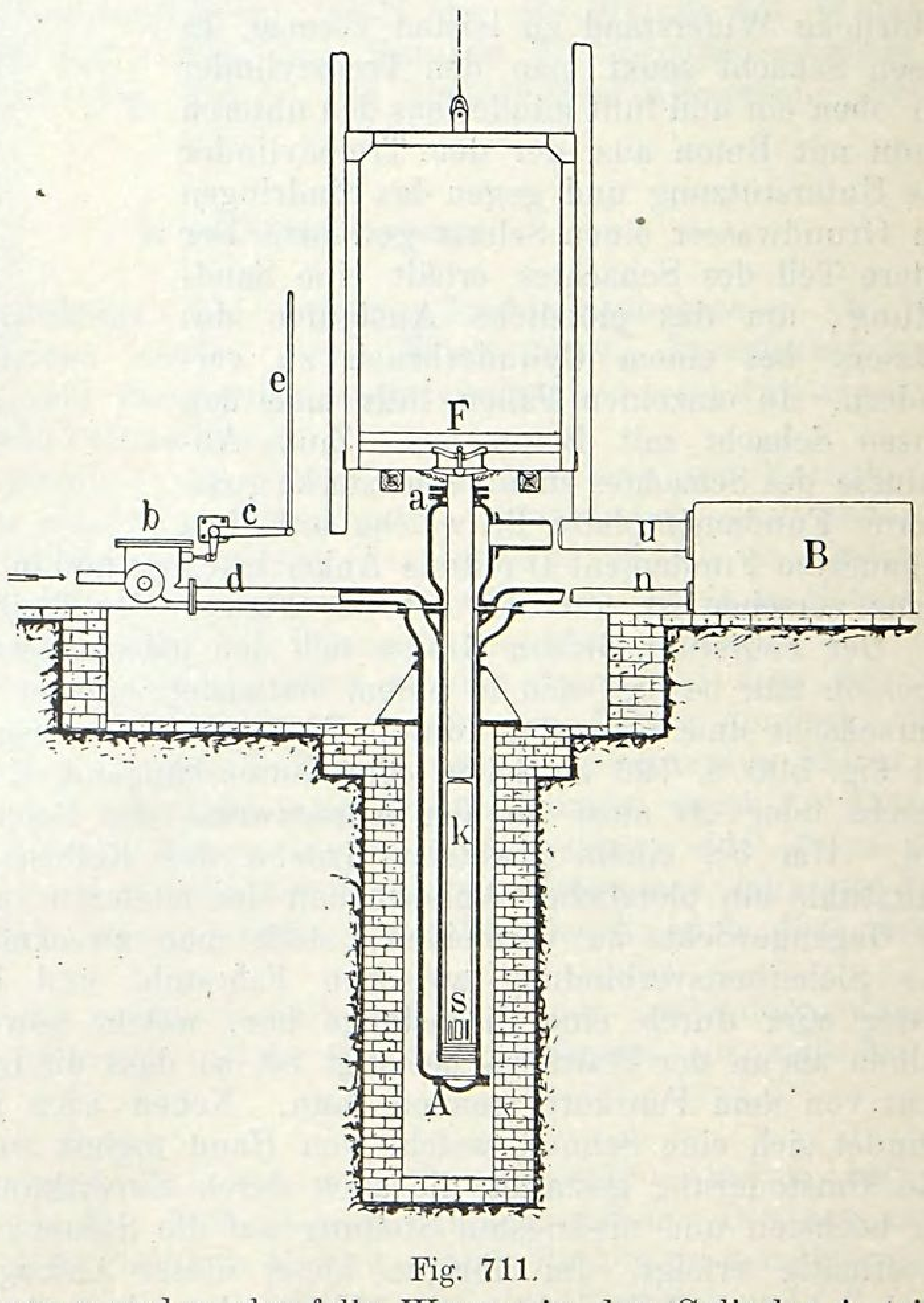


Fig. 711.

durch die beiden Röhren n und u ebenfalls Wasser in den Cylinder A tritt,

aber über dem Kolben s und zwar zugleich in den zu dem Zwecke hohl angefertigten Kolben k durch Öffnungen, welche unmittelbar über dem Kolben s angebracht sind. Indem nun das durch n und u eintretende Wasser in den Kolben k gelangt, bewirkt dasselbe eine fast vollständige Ausgleichung desjenigen Druckes, der von der Wasserdrucksäule herrührt, die sich in dem Druckcylinder A befindet. Da bei der Verschiebung des Kolbens k das Oberwasser mit dem Steigen und Niedergehen desselben aus den Öffnungen aus- und eintritt, so ist die Druckausgleichung auch in jeder Höhenlage vorhanden.

Zu den Aufzügen mit unmittelbarem hydraulischem Antrieb gehört auch der Teleskop-Aufzug Fig. 712, welcher seine Entstehung dem Wunsche verdankt, den Vorteil des unmittelbaren Antriebes mit demjenigen eines kurzen Treibcylinders zu vereinigen. Zu dem Zwecke sind zwei aus geschweissten Eisenblechröhren hergestellte Kolben in einandergeschoben und hiervon der äussere durch die Stopfbüchse b abgedichtet, in den Treibcylinder C eingelassen, der auf einer Fundamentplatte d befestigt ist, die zugleich den Cylinderboden bildet. Der äussere Kolben erhält unten einen Ring zur Hubbegrenzung und mit Spielraum für das durchtretende Wasser zur Führung an der inneren Wand des Cylinders C und oben eine Stopfbüchse a zum Abdichten des inneren Kolbens K, der ebenfalls unten einen Ring zur Hubbegrenzung und Führung trägt. Beide Kolben setzen sich auf eine durchlöcherte Platte c auf, die zur Vermeidung von Stössen von einer Blattspiralfeder getragen wird. Der innere Kolben K dient zur Aufnahme der Plattform F, die an den Führungsschienen S S mittels Backen geführt und in der tiefsten Stellung von Puffern p p gestützt wird, die ebenfalls ein stossfreies Aufsetzen bei der Ankunft der Plattform an der tiefsten Stelle bewirken. Die Zuführung des Druckwassers erfolgt unten im Treibcylinder durch das Rohr e, welches an die Hauptleitung angeschlossen und über dem Erdboden mit einer Kolbensteuerung (Fig. 169 S. 116) versehen ist, die von dem Fahrstuhl aus umgesteuert wird, sowie derselbe die höchste und tiefste Stellung erreicht. Ein mit dem Rohr e verbundenes nach innen sich öffnendes Luftventil v bezweckt die Vermeidung einer zu grossen Luftverdünnung in dem Treibcylinder z. B. bei sehr schnellem Ausströmen des Wassers. Nach Öffnung der Zu-

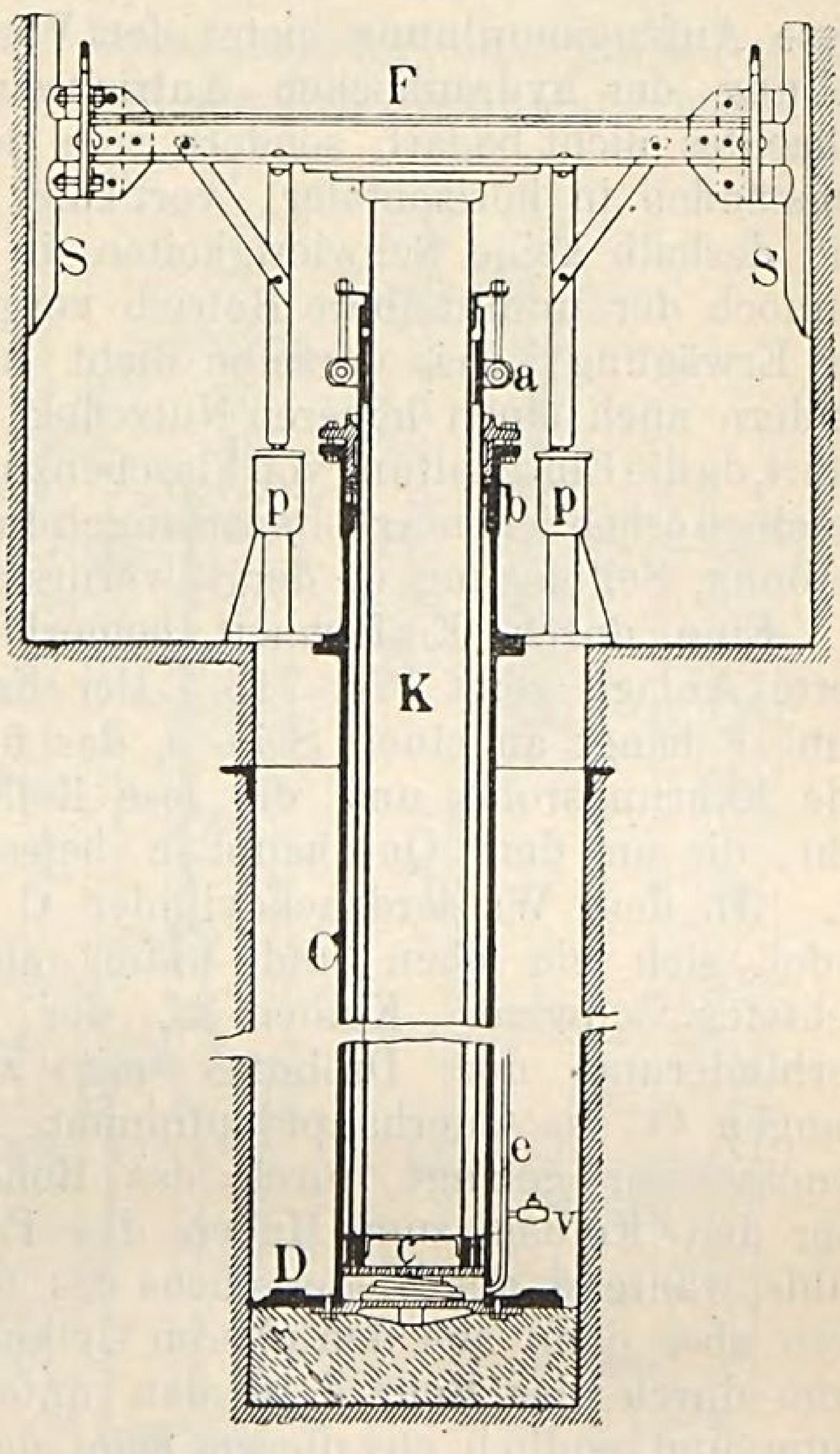


Fig. 712.

strömung drückt das Wasser beide Kolben nacheinander so lange aufwärts, bis die Kolbenringe gegen die Stopfbüchsen treten und damit den Hub begrenzen.

Der vorstehend beschriebene Aufzug mit Ausziehkolben (Berlin—Anhaltische Maschinenfabrik) befindet sich in einem runden Schacht von 700 *mm* Weite, hat einen Treibriemen von 300 *mm* Durchmesser und einen inneren Kolben von 238 *mm* Durchmesser, sowie einen Gesamthub von zwei Stockwerken.

Bei einem hydraulischen Aufzug mit mittelbarem Antrieb wirkt der Wasserdruck auf einen Treibkolben, der durch Seile oder Ketten mit dem Fahrstuhl verbunden wird und zwar gewöhnlich unter Einschaltung eines Flaschenzuges, wie Fig. 693 S. 787 beschrieben wurde, mitunter mit Zahnradübersetzung durch eine Zahnstange (Fig. 714 S. 809), um mit einem kleinen Kolbenwege einen grossen Lastweg zu gewinnen. Diese Aufzuganordnung bietet den Vorteil einer freieren Wahl in der Aufstellung der hydraulischen Antriebseinrichtung, welche eines besonderen Schachtes nicht bedarf, sondern sich neben dem Schacht und zwar je nach Umständen in horizontaler, vertikaler oder schräger Lage befinden kann und deshalb keine Schwierigkeiten in der Aufstellung darbietet. Wenn dennoch der unmittelbare Betrieb vorgezogen wird, so erklärt sich das aus der Erwägung, dass derselbe nicht nur eine grössere Betriebssicherheit, sondern auch einen höheren Nutzeffekt gewährt, da die Einschaltung von Flaschenzügen etc. einen erheblichen Arbeitsverbrauch durch Reibung, Seilbiegung u. dergl. verursacht.

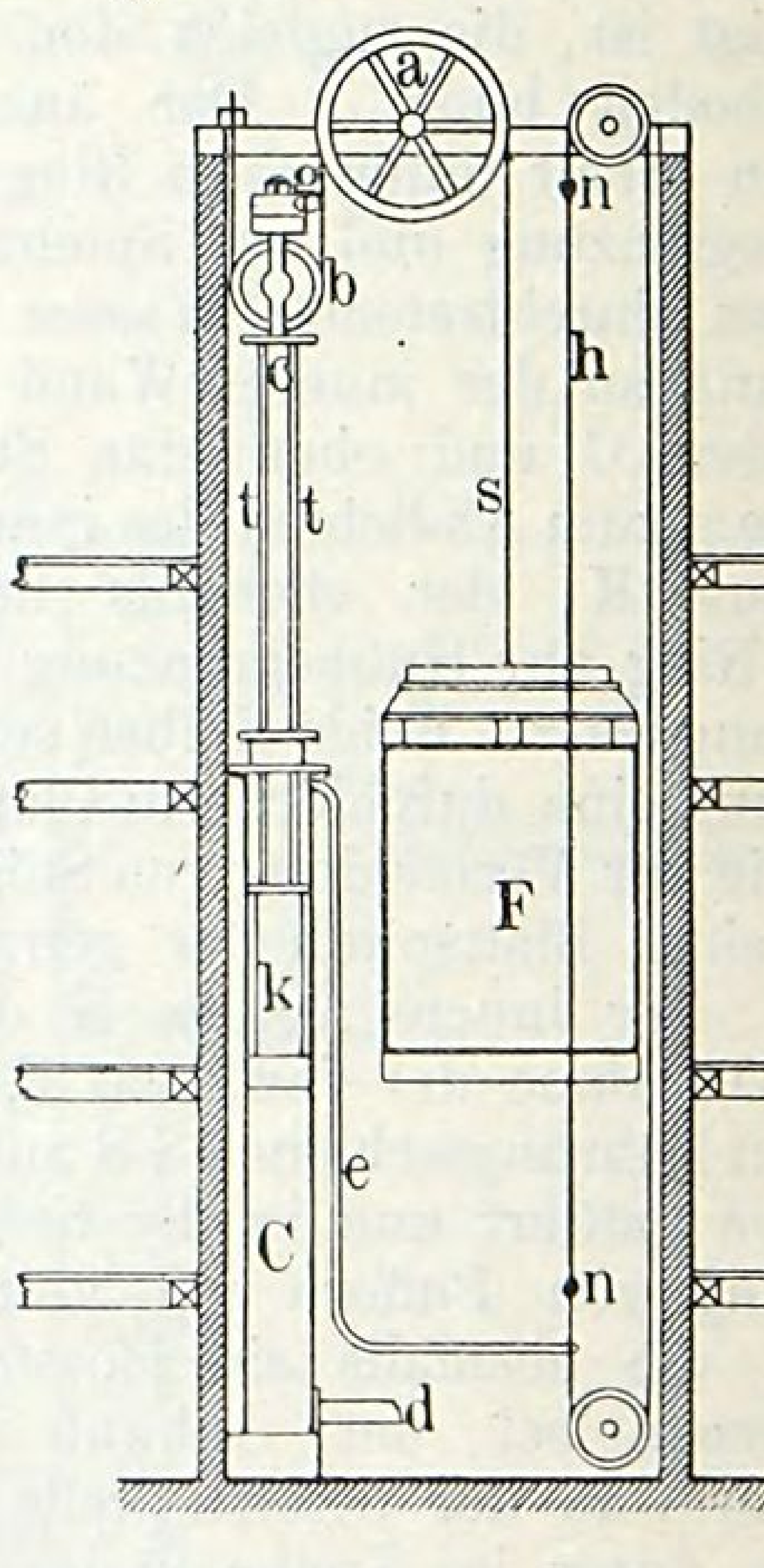


Fig. 713.

Eine durch Einfachheit bemerkenswerte Anlage zeigt Fig. 713. Der Fahrstuhl F hängt an einem Seile s, das über eine Führungsrolle und die lose Rolle b geht, die an dem Querhaupt c befestigt ist. In dem Wasserdruckcylinder C befindet sich ein oben und unten abgedichteter schwerer Kolben k, der zur Verhinderung der Drehung mit zwei Stangen t t das Querhaupt aufnimmt. Das Druckwasser gelangt durch das Rohr e über den Kolben zum Heben des Fahrstuhls, während des Niedergehens des letzteren aber dann aus den oberen Cylinderraum durch das Rohr d in den unteren Raum und endlich aus diesem beim nächsten Niedergange ins Freie, wobei es durch die saugende Wirkung das Heben des Fahrstuhls unterstützt. Die Umsteuerung erfolgt durch das endlose Handseil h mittels Drehscheiben; in der höchsten und niedrigsten Stellung bewirkt der Fahrstuhl F die Umsteuerung selbstthätig durch Anstossen an Knaggen oder Knoten n n des Steuerseiles.

Die Einschaltung der einen losen Rolle b macht zur Bedingung, dass der Kolbenhub gleich ist der halben Förderhöhe der Last und unter

diesen Umständen infolge der Saugwirkung des Wassers die Pressung im Cylinder C während der Hebung der Last gleichbleibt, da die Verminderung der Saugwirkung durch die Vermehrung der Druckwassersäule auf dem Kolben ausgeglichen wird. — Ausserdem hebt das bedeutende Gewicht des Kolbens in Verbindung mit aufgelegten Gewichtstücken g das Eigengewicht des Fahrstuhls so weit auf, dass letzterer im leeren Zustande noch mit genügender Geschwindigkeit sinkt.

Wendet man bei diesen Anlagen hydraulischer Aufzüge die S. 787 beschriebene Übersetzung mit Flaschenzügen an, so kann man demgemäss die Förderhöhe noch bedeutend steigern oder die Länge des Treibcylinders vermindern, weshalb die Übersetzung mit Flaschenzügen vielfach da vorgezogen wird, wo Platzmangel die Aufstellung langer Cylinder erschwert oder verhindert.

Da übrigens die Anbringung und Instandhaltung einer grösseren Anzahl von Rollen und Seilen unbequem und die Seilenbenutzung sowie der Arbeitsverbrauch infolge der Reibung und Selbstbiegung bei diesen Anlagen sehr erheblich ist, so wird mitunter die in Fig. 714 dargestellte Übersetzung vorgezogen. Die Stange s des in dem Treibcylinder C sich bewegenden Kolbens k ist ausserhalb des Cylynders mit einer Zahnstange z verlängert, welche an einer Führungsrolle r geführt wird und in ein Triebrad t eingreift, das auf der Achse der Seilscheibe F festsitzt. Durch Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens k gelangt das Trieb und daher die Seilscheibe in Umdrehung und zwar ist die Zahl der Umdrehung

$$u = L : U$$

wenn mit L die Länge des Kolbenhubes und mit U der Umfang des Triebes bezeichnet wird. Demnach wickelt bei dem ganzen Kolbenhub auch die Seilscheibe R das Seil u mal auf- oder ab, so dass die Übersetzung durch das Verhältnis der Halbmesser von t und R bestimmt wird.

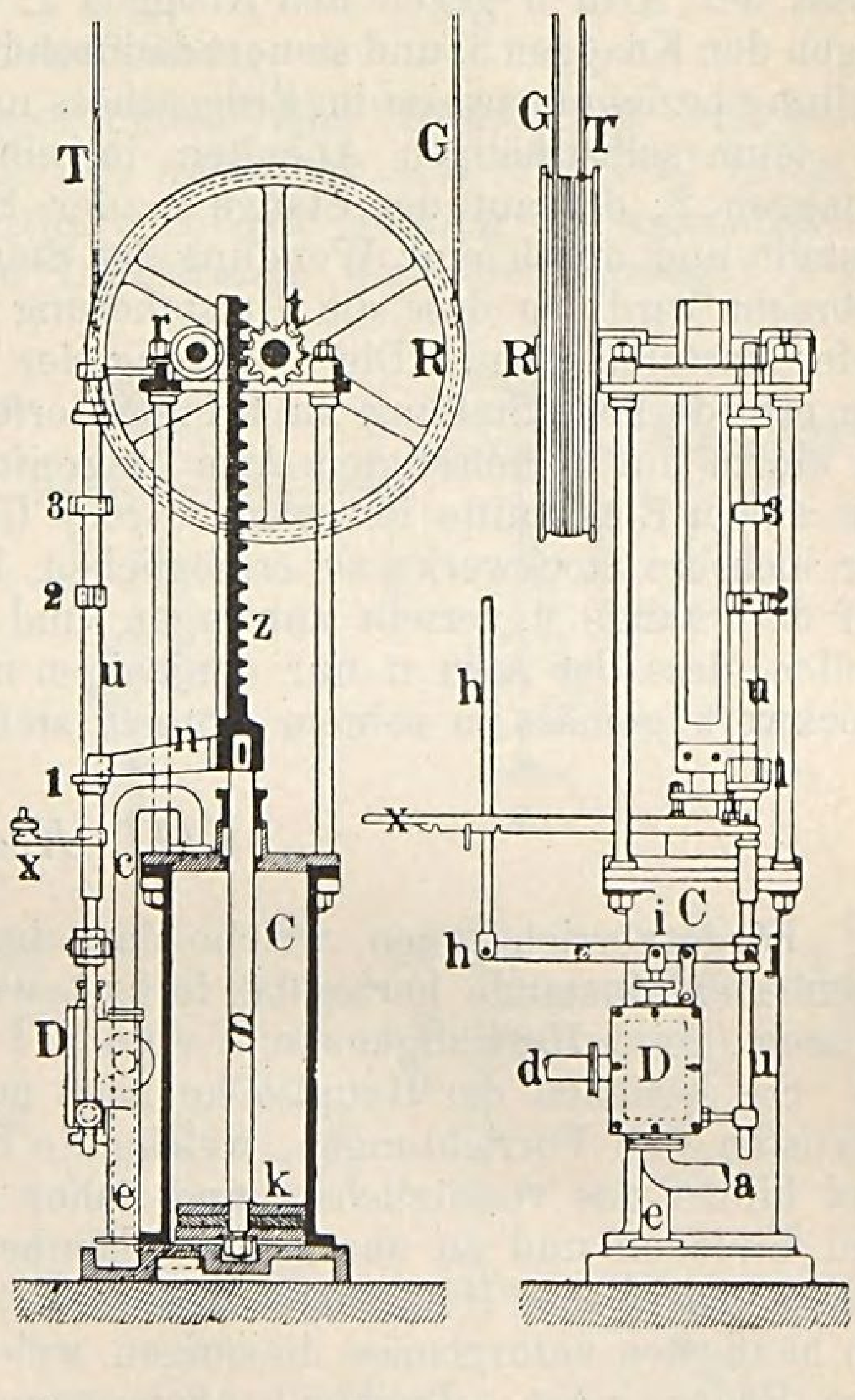


Fig. 714.

Neben dem Tragseil T läuft über die Seilscheibe R noch ein zweites Seil G, welches ein Gegengewicht von solcher Grösse aufnimmt, dass nebst dem Gewichte des Fahrstuhls noch die halbe Last ausgeglichen wird. Diese Ausgleichung bedingt, dass der Wasserdruck auf beiden Kolbenseiten zur Wirkung kommen muss, und hat zur Folge, dass die Arbeitsleistung beim Auf-

und Niedergange gleich ist, da bei voller Belastung des Fahrstuhls nur die halbe Last, dahingegen bei dem Niedergange des leeren Fahrstuhls der Überschuss des Gegengewichtes, also ebenfalls die halbe Last zu heben ist. Demnach ist dieses Treibkolbenhebezeug doppelwirkend. Die Steuerung ist eine in dem Schieberkasten D untergebrachte Muschelschiebersteuerung (S. 512), die von der Stange u bethätigt wird. Das Druckwasser tritt durch das Rohr a in den Schieberkasten D, gelangt durch den Kanal c über, durch den Kanal e unter den Kolben und durch das Rohr d zum Ablaufen. Die Schieberbewegung kann sowohl von der Hand als selbstthätig ausgeführt und jeder durch die Stockwerke bestimmten Höhe angepasst werden. Zu dem Zwecke ist die Schieberstange i an einem Hebel h j gehängt, der einerseits von einer durch alle Stockwerke gehenden und in jedem Stockwerk mit einem Handgriff versehene Steuerstange h h von der Hand, andererseits von einer zweiten Steuerstange u mittels der Kolbenstange S selbstthätig bewegt wird. Die Stange u erhält drei Knaggen 1, 2, 3, die Stange S einen Arm n. Am Schlusse des Kolbenniederganges stösst der Arm n gegen den Knaggen 1, am Schlusse des Kolbenaufganges gegen den Knaggen 3, und steuert dadurch in der tiefsten und höchsten Kolbenstellung beziehungsweise im Erdgeschoss und in dem obersten Stockwerk um.

Zum selbstthätigen Anhalten in einem Zwischenstockwerk dient der Knaggen 2, der auf der Stange u der Stockwerkshöhe entsprechend eingestellt und durch eine Wendung der Stange u in das Bereich des Armes n gebracht wird, so dass die Umsteuerung mittels 2 um so eher erfolgt, je tiefer derselbe steht. Die Wendung der Stange u, um den Knaggen 2 in die erforderliche Stellung zu bringen, erfolgt durch eine Zugstange x x, die an einem auf u befestigten Arm angreift und nach erfolgter Einstellung mit einem Einschnitte festgelegt wird. Um eine selbstthätige Umsteuerung für mehrere Stockwerke zu ermöglichen, kann man auch mehrere Knaggen auf der Stange u verteilt anbringen und durch Drehung der letzteren so stellen, dass der Arm n nur denjenigen mitnimmt, der dem entsprechenden Stockwerk gemäss in seinem Bereich steht.

VIII. Krane.

Fördervorrichtungen, welche dazu bestimmt sind, Lasten zu heben, im gehobenen Zustande horizontal fortzubewegen und dann wieder zu senken heissen (Seite 758) allgemein Krane.

Sie bestehen der Hauptsache nach aus Hebezeugen in Verbindung mit Gerüsten und Vorrichtungen, welche die Horizontalbewegung hervorbringen, und bilden das vorzüglichste und daher gebräuchlichste Mittel zum Aus- und Einladen und zu ähnlichen Lastenbewegungen. Zur Vertikalbewegung dienen sämtliche Hebezeuge (Seite 757) mit Ausnahme der Hebeladen, am häufigsten naturgemäss diejenigen, welche grössere Förderhöhen gestatten, also Räderwinden, Treibkolbenhebezeuge, in vereinzelten Fällen sodann kommen Rollenzüge, Schraubenwinden, sehr selten Zahnstangenwinden in den Seite 765 beschriebenen Formen in Verwendung.

Die Horizontalbewegung erfolgt wesentlich in fünf verschiedenen Arten:

1) Durch Verschiebung der Last mittels Laufkatze auf einem horizontalen Teile des Krans.

2) Durch Drehung des ganzen Gerüstes um eine vertikale Achse.

3) Durch Horizontaltransport des ganzen Krans.

4) Durch Horizontaltransport des ganzen Krans in Vereinigung mit der Drehung des Gerüstes um eine vertikale Achse.

5) Durch Horizontalverschiebung, die das Ende eines Hebels erleidet, der sich um eine horizontale Achse in der Vertikalebene bewegt.

Hierbei ist zunächst noch hervorzuheben, dass die genannten Bewegungen sich zwar noch weiter kombiniren lassen, dass man aber der Übersicht halber sämtliche Krane zweckmässig nach Form, Anbringung und Beweglichkeit der Gerüste gruppirt und dementsprechend Auslegerkrane und Bühnenkrane unterscheidet.

Als Auslegekrane bezeichnet man diejenigen Ausführungen, bei welchen (Fig. 715) die Last Q von dem äussersten Ende einer schräg aufragenden Stütze A B getragen wird, welche Ausleger heisst.

Die Bühnenkrane (Fig. 715, 8) kennzeichnen sich dagegen dadurch, dass die Last von Horizontalträgern T T aufgenommen und längs sowie mit diesen bewegt wird.

A. Auslegerkrane.

Die Auslegerkrane erhalten gewöhnlich eine Drehbarkeit um eine vertikale, durch den festen Punkt A des Auslegers A B (Fig. 715) gelegte Achse (Kransäule) A C, wodurch die wichtigste Gattung der sogenannten Drehkrane entsteht. An diesen Drehkranen wird der Ausleger A B

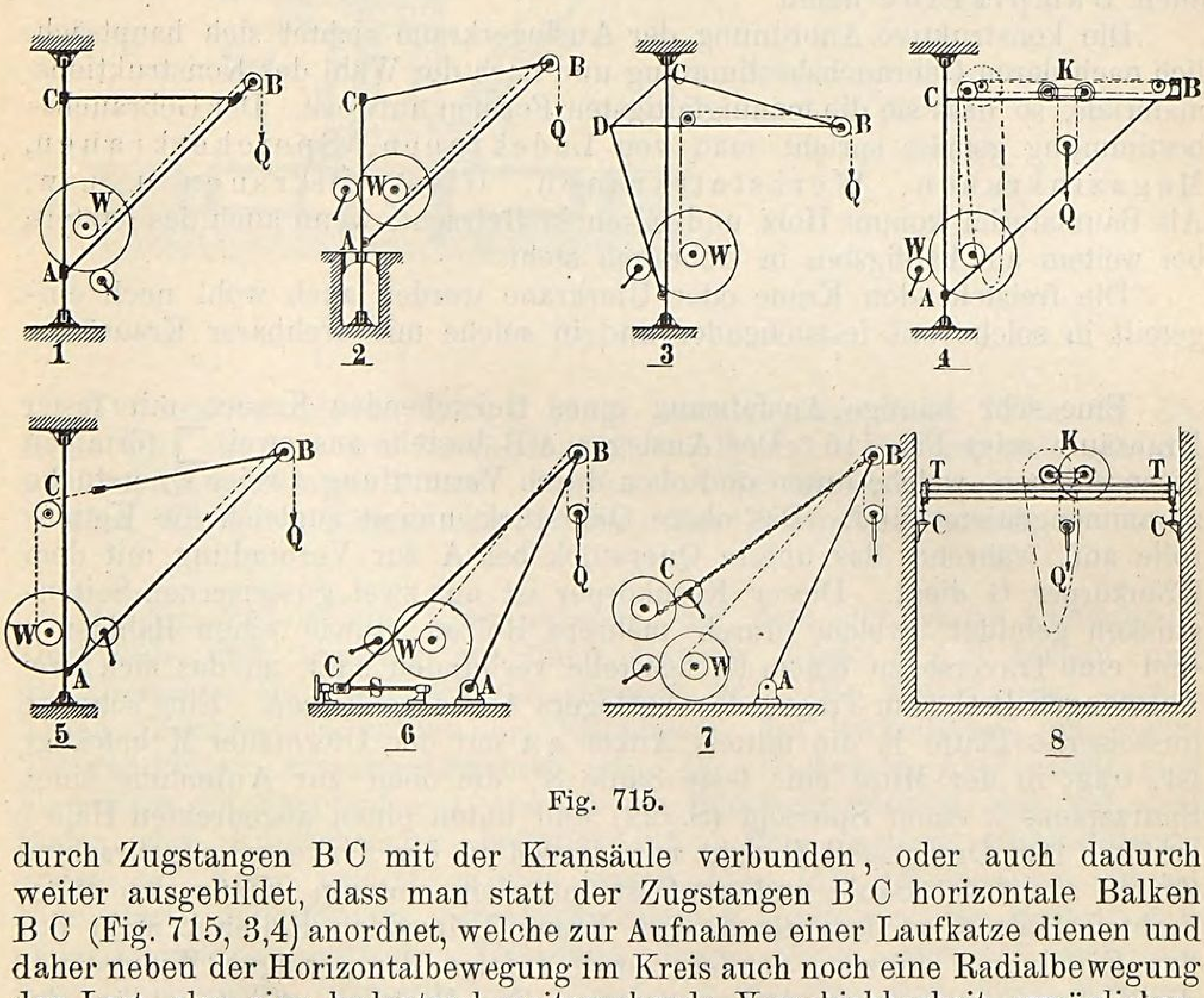


Fig. 715.

durch Zugstangen B C mit der Kransäule verbunden, oder auch dadurch weiter ausgebildet, dass man statt der Zugstangen B C horizontale Balken B C (Fig. 715, 3,4) anordnet, welche zur Aufnahme einer Laufkatze dienen und daher neben der Horizontalbewegung im Kreis auch noch eine Radialbewegung der Last, also eine bedeutend weitergehende Verschiebbarkeit ermöglichen.

Erhält der Ausleger eine solche Verbindung mit der Kransäule, dass er sich um eine horizontale Achse A (Fig. 715, 5) in der Vertikalebene schwingen lässt, so entsteht der Schwingkran, bei dem die Last Q dadurch gehoben wird, dass der Ausleger am Ende B abwärts gezogen wird, und durch Drehung um A, als auch während der Hebung, eine durch die Projektion des Endpunktes B bemessene horizontale Ortsveränderung erleidet.

Erfolgt hingegen die Vertikalbewegung dadurch, dass (Fig. 715, 6) der um A drehbare Ausleger mittels Spannstangen B C um A gekippt wird, indem das Ende C der Spannstange eine horizontale Verschiebung erleidet, z. B. durch eine horizontale Schraube S, so wird der Kran Wippkran oder Scherenkran genannt. Weil hierbei der Ausleger der Stabilität halber aus zwei Stangen gebildet werden muss, die mit der Drehachse A ein gleichschenkeliges Dreieck bilden, so nennt man diese Hebemaschinen auch Dreibein, ferner Mastenkran, wegen seiner Hauptbestimmung: Aufstellen von Masten auf Schiffen. Eine andere Ausführung des Scherenkrans wird erhalten, wenn man statt der steifen Zugstangen Ketten B C anordnet, die sich auf eine Trommel aufwickeln (Fig. 715, 7).

Befinden sich die Auslegerkrane auf Fahrzeugen oder Rollen und sind dadurch transportabel, so heissen sie fahrbare Drehkrane. Man verwendet dieselben häufig in Verbindung mit Lokomotiven oder mit Lokomobilen, wobei dann auch die Bewegungen des Kranes mit Hilfe des Dampfdruckes ausgeführt werden, weshalb man diese Krane gewöhnlich auch Dampfkrane nennt.

Die konstruktive Anordnung der Auslegerkrane richtet sich hauptsächlich nach deren Gebrauchsbestimmung und nach der Wahl des Konstruktionsmaterials, so dass sie die mannigfaltigsten Formen aufweist. Der Gebrauchsbestimmung gemäss spricht man von Ladekranen, Speicherkranen, Magazinkranen, Werkstattkranen, Giessereikranen u. s. w. Als Baumaterial kommt Holz und Eisen in Betracht, wenn auch das letztere bei weitem am häufigsten in Gebrauch steht.

Die freistehenden Krane oder Uferkrane werden auch wohl noch eingeteilt in solche mit feststehender und in solche mit drehbarer Kransäule.

Eine sehr häufige Ausführung eines freistehenden Kranes mit fester Kransäule zeigt Fig. 716. Der Ausleger A B besteht aus zwei ⊐ förmigen Eisenschienen, welche unten und oben durch Vermittlung zweier Querstücke zusammengenietet sind. Das obere Querstück nimmt zugleich die Kettenrolle auf, während das untere Querstück bei A zur Verbindung mit dem Krankörper G dient. Dieser Krankörper ist aus zwei gusseisernen Seitenstücken gebildet, welche durch mehrere Bolzen, sowie einen Rahmen c und eine Traverse zu einem Drehgestelle verbunden sind, an das sich zwei Zugstangen B C zum Tragen des Auslegers A B anschliessen. Eine schwere gusseiserne Platte F, die mittels Anker a a auf der Ufermauer M befestigt ist, trägt in der Mitte eine feste Säule S, die oben zur Aufnahme eines Spurzapfens z einen Spurtopf (S. 22) und unten einen abgedrehten Hals c erhält. Das Drehgestell G ruht mit diesem in der Traverse angebrachten Zapfen z auf der Säule und umfasst mit dem unteren Kranz den abgedrehten Hals c, so dass die in dem Kranz C sitzenden Rollen r nicht nur den Krankörper stützen, sondern auch infolge der geringen Widerstände der Rollenreibung leicht drehen lassen. Zur Drehung selbst ist an der

Fundamentplatte F ein innen verzahntes Rad angebracht, in welches ein Triebrad eingreift, das auf der Welle f sitzt und mittels eines Kegelzahnradpaares von der Handkurbel h in Thätigkeit gesetzt wird.

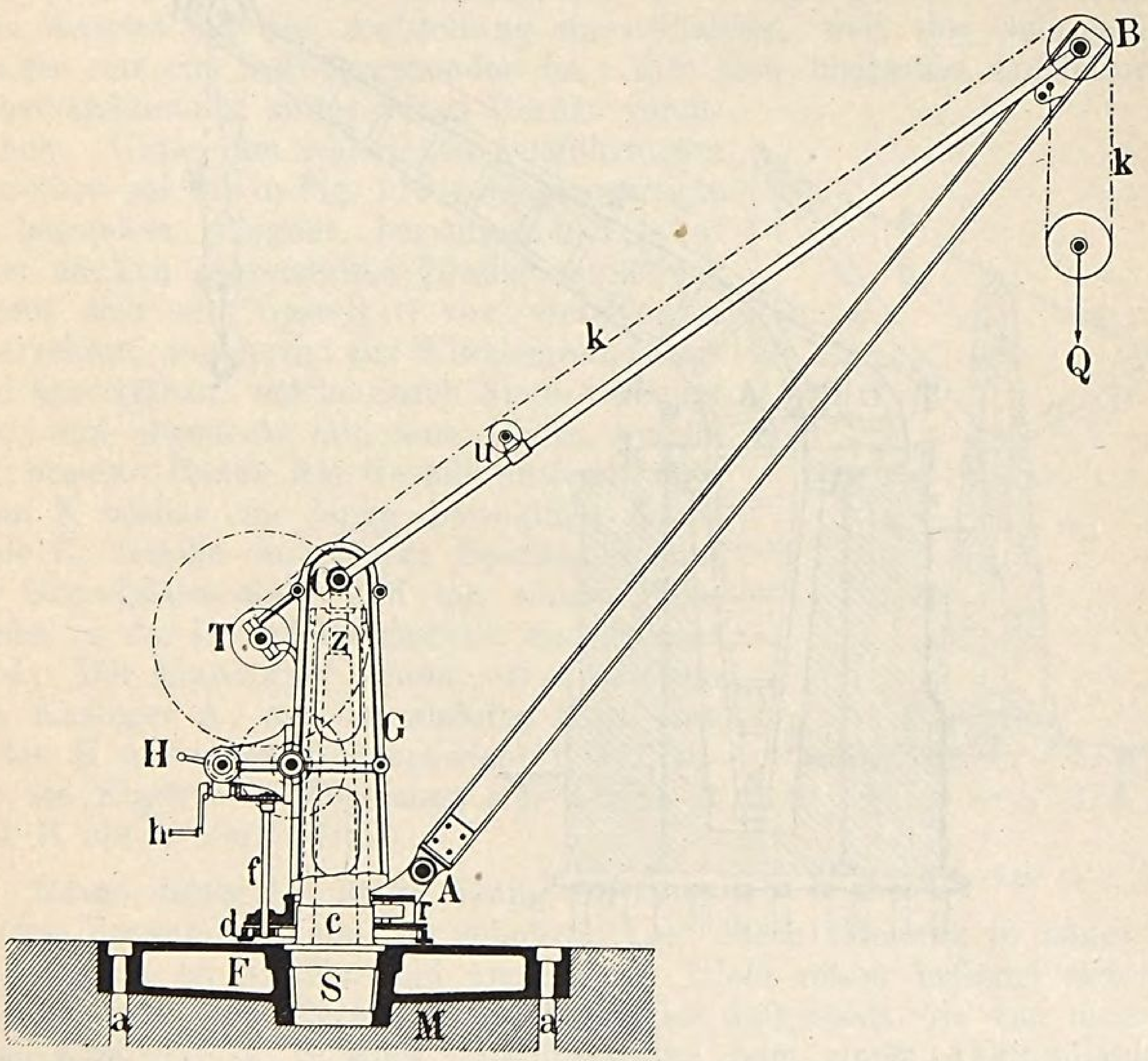


Fig. 716.

Die zu bewegende Last Q hängt mittels einer losen Rolle an der Kette k k, die von den festen Rollen bei B und u geführt und gestützt auf die Kettentrommel T läuft, welche von der zweimännigen Handkurbel H nach Art einer Räderwinde (S. 781) ihre Umdrehung erhält.

In Fig. 717 ist ein Kran skizzirt, bei dem der ganze Krankörper, Drehsäule und Ausleger aus einem einzigen Stücke C A B besteht und die Drehsäule in einen Schacht versenkt ist. Die Anfertigung solcher Krane (Fairbairn) erfolgt aus Eisenblech, das kastenförmig zu einem Vollwandträger zusammengenietet ist. Die Drehsäule A C erhält eine Kegelform mit Spurzapfen z, der in ein Spurlager eintritt, das auf dem Boden des Kranschachtes befestigt ist. Eine weitere Unterstützung findet der Kran bei D in der durch Fig. 718 dargestellten Weise. Eine starke, tellerförmige verankerte Platte P P schliesst den Schacht S S ab. In die cylindrische Vertiefung dieser Platte versenkt sich der Kran mit einem cylindrischen Kranz D, an dem sich zwei Systeme

von Rollen befinden. Das eine System besteht aus 6 Rollen n auf vertikalen Achsen zum Anschluss an die Cylinderwand, das andere aus

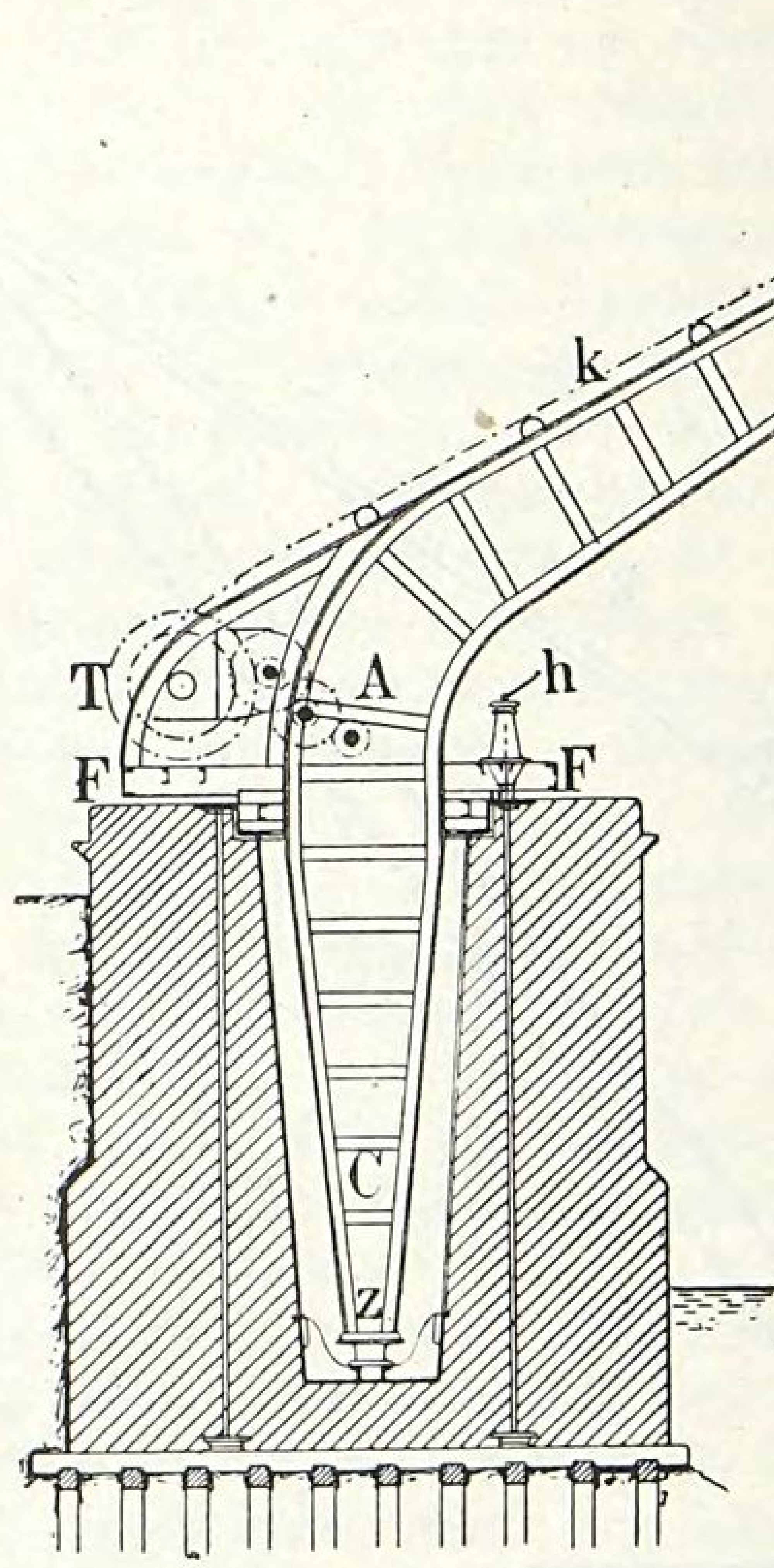


Fig. 717.

6 Rollen i auf horizontalen Achsen zum Laufen auf der Bodenfläche des Tellers, so dass der Kran an dieser Stelle ganz auf Rollen läuft und sich leicht dreht. Zur Drehung dient wie bei dem Kran Fig. 716 der Zahnkranz d mit Trieb von der Kurbel h aus. Die vertikale Bewegung der Last Q erfolgt von der Räderwinde T mittels Handkurbel und dreifachem Vorgelege, so dass infolge der grossen Umsetzung bedeutende Lasten gehoben werden können, wie überhaupt diese Krankonstruktion nur hauptsächlich für schwere Krane gewählt wird. Zum Aufenthalte der Arbeiter und zum Schutze der unteren Betriebsteile gegen das Hereinfallen von Gegenständen ist unmittelbar über dem Fussboden mit dem Kran eine mit Bohlen oder Gusseisenplatten bedeckte Plattform F F verbunden.

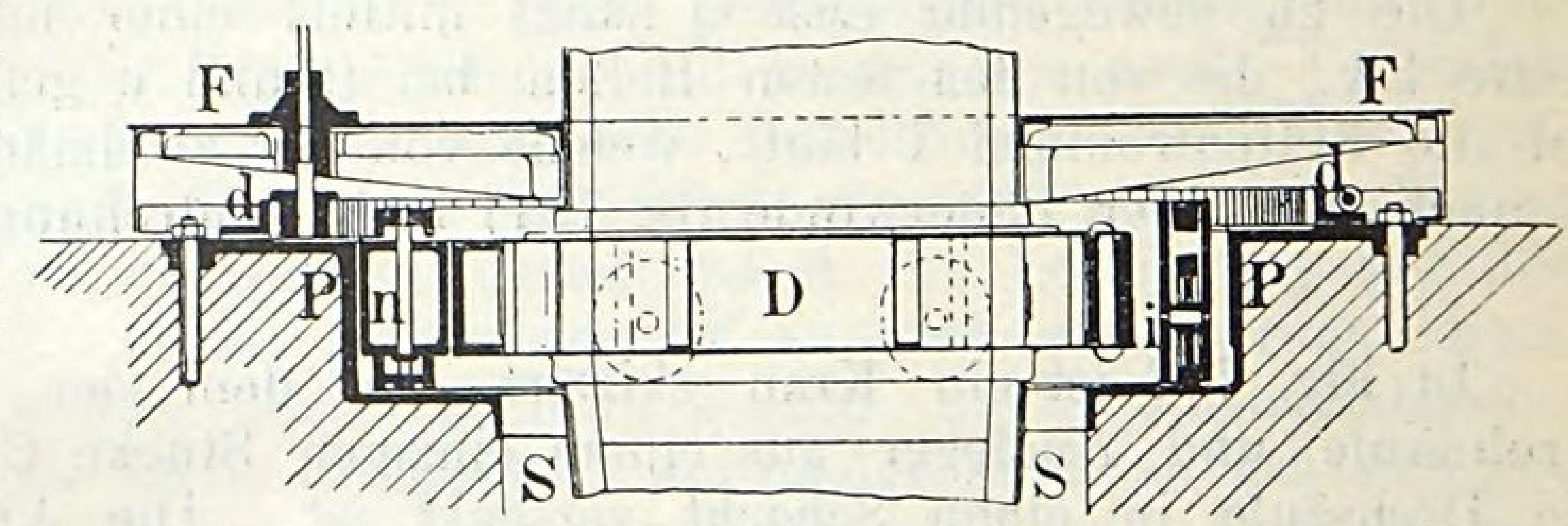


Fig. 718.

In vielen Fällen ist es erwünscht oder erforderlich, den Kran hoch über dem Erdboden auf ein Gerüst zu stellen, um den Raum um denselben frei zu halten oder eine besonders grosse Höhe für die Lasthebung zu gewinnen. Bei Bauaufführungen u. s. w. begnügt man sich häufig zu dem Zwecke mit der Aufstellung eines Pfahles, weil der Gebrauch des Kranes nur ein vorübergehender ist. Für eine bleibende Aufstellung ist selbstverständlich ein eisernes Gerüst vorzuziehen. Unter den zahlreichen Ausführungen desselben sei die in Fig. 719 vergegenwärtigte als besonders geeignet, hervorgehoben. Auf einer starken gusseisernen Fundamentplatte F erhebt sich ein Gestell G von viereckigem Querschnitt, angefertigt aus Winkeleisen, Lang- und Querstäben, welche durch Niete vereinigt sind, und abgedeckt mit einer Platte, welche mit breitem Rande das Gestell umfasst. Der Kran K besitzt eine lange bewegliche Kransäule C, welche mit einem Spurzapfen auf der Grundplatte steht und mit einem Halszapfen in der Deckplatte gestützt und geführt wird. Der Krankörper nimmt auf einer Seite den Ausleger A, auf der anderen Seite eine Stütze B mit einem Gegengewicht P auf, sowie am Kopfe eine Zugstange s s, welche A und B mit K verbindet.

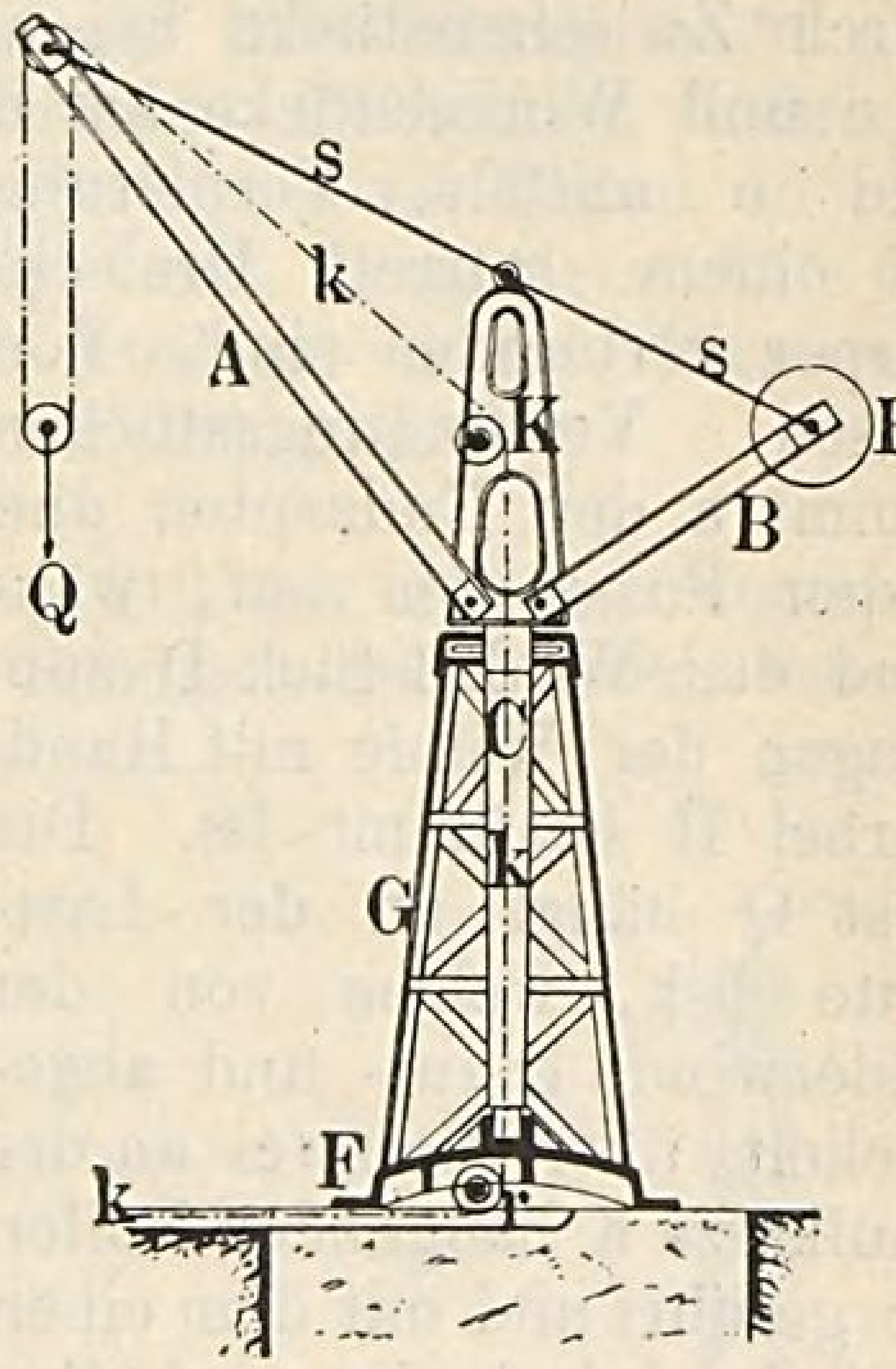


Fig. 719

Krane dieser Art findet häufig auf Ladeplätzen Verwendung, um die gehobene Last durch Drehung in höher gelegene Räume zu schaffen und umgekehrt. Nicht selten befindet sich dann eine namhafte Zahl derselben nebeneinander aufgestellt, die von einer einzigen Kraftwelle z. B. einer Dampfmaschine oder einem Akkumulator angetrieben werden. Zu diesem Zwecke läuft die Lastkette k k durch die hohle Säule C, und um die Führungsrolle S horizontal zu einer Kettentrommel oder einem hydraulischen Treibkolbenhebezeug. Kettentrommeln und Treibkolbenhebezeuge sind unterirdisch in gewölbten Kanälen, Kellerräumen oder Nischen untergebracht, die sich in den Ufermauern befinden und bequem von aussen zugänglich sind. Dieselben Räume nehmen zugleich die Wellen- und Röhrenleitungen auf, mit welchen die Hebezeuge durch Kupplungen und Absperrvorrichtungen verbunden werden, die mittels Steuerketten u. dergl. von den Kranwärtern aus- und einzurücken beziehungsweise umzusteuern sind.

Erhält ein Kran eine bleibende Aufstellung innerhalb eines Raumes (Giessereien, Werkstätten, Magazinen etc.), so vereinfacht man in der Regel die Ausführung, indem man die Kransäule mit einem gewöhnlichen Fusszapfen und am oberen Ende mit einem Endzapfen ausstattet, dessen Lager an der Gebäudewand oder an dem Gebälke befestigt ist (Fig. 715,1 S. 811). Krane dieser Art bezeichnet man gewöhnlich als Giesserei-, Magazin- u. dgl. Krane und als Wandkrane, wenn Fusslager und Endlager als Wandlager ausgebildet werden. Ihre Anbringung bedingt eine Drehung im ganzen Kreise oder in einem Kreisteil. Da ihre Bestimmung fast immer auch eine

radiale Verschiebung der Last notwendig macht, so erhält der Ausleger fast stets zur Verbindung mit der Kransäule horizontale Schienen oder Balken zur Aufnahme einer Laufkatze (S. 775).

Ein solcher Giesereikran mit Laufkatze ist in Fig. 720 vor Augen geführt. Kransäule C, Ausleger A mit Streben B sind aus zwei parallelen ⌐ Eisenchienen gebildet, welche durch Zwischenstücke bei a, b, c und Winkelstücke bei d und e mittels Vernietung zu einem starren Dreieckkörper verbunden sind. Von diesen Verbindungsstücken nimmt a den Endzapfen und c den Fusszapfen auf, während das Winkelstück D zum Tragen der Winde mit Handkurbel H bestimmt ist. Die Last Q hängt an der Lastkette k k, welche von der Räderwinde D auf- und abgewickelt, über die zwei an der Laufkatze K hängenden Rollen r r geführt und mit dem einen Ende bei b befestigt wird. Zur Bewegung der Laufkatze K dient die um die Leitrollen i und n gespannte mit K verbundene endlose Kette m, welche durch eine Handkurbel h in Thätigkeit gesetzt wird, indem von der Handkurbel h mittels der Stange s und zweier Kegelzahnräderpaare die Umdrehung auf das Kettenrad i übergeht. Die Schwenkung des Kranes im Kreise erfolgt direkt durch Hand.

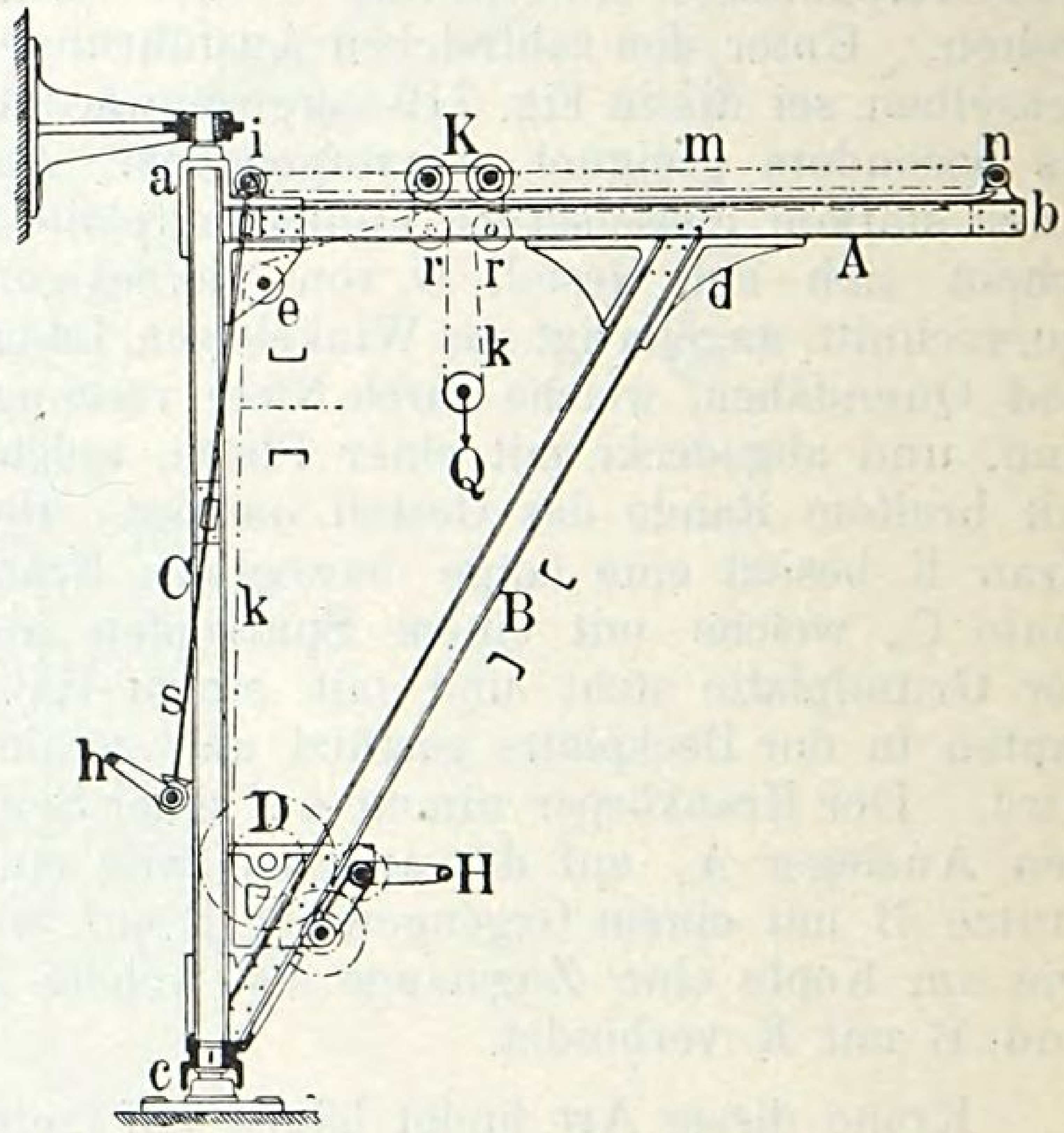


Fig. 720.

Sehr oft erhält der Verwendungskreis des Kranes dadurch eine Erweiterung, dass man mittels desselben gehobene Lasten längs eines grösseren Horizontalweges bewegt, als mit Hilfe der Drehung oder der Anbringung einer Laufkatze ausführbar ist. Diese Erweiterung besteht darin, dass man unter Beibehaltung der Drehbarkeit den Kran fahrbar einrichtet, indem man denselben auf eine Plattform setzt, die mit gewöhnlich zwei Paaren Laufräder ausgestattet ist. Diese fahrbare Drehkraft findet eine sehr ausgedehnte Benutzung zum Transport und Versetzen schwerer Baustücke (Quadern, Eisenteile) auf Bauplätzen, zum Montieren von Maschinen, zum Verladen u. s. w. und wird in der Regel auf Schienengeleisen mitunter auf Stein- oder Holzwegen bewegt. Zur Bewegung desselben reicht oft Menschenkraft aus; vielfach dienen dazu Zugtiere oder Lokomotiven; nicht selten verwendet man auch eine mit dem Kran direkt verbundene Dampfmaschine, von der dann nicht allein die Fahrbewegung, sondern auch die Hebung und Senkung der Last nebst Drehung des Kranes ausgeführt wird. (Fahrbarer Dampf-Drehkran.)

Die Anordnung eines fahrbaren Kranes bringt es mit sich, dass derselbe keine feste Verbindung mit dem Boden haben kann und demnach

unter der Einwirkung der angehängten Last sofort ins Kippen geräth, wenn das Moment des Lastgewichtes grösser ist, als das Moment des Krangewichtes. Aus diesem Grunde kann diese Krangattung eine Einrichtung nicht entbehren, die den Zweck hat, diese Momente auszugleichen, und in verschiebbaren Gewichten besteht, die dem Lastgewichtmoment entgegenwirken, und entweder durch Hand oder selbstthätig eingestellt werden. — Die Grösse dieser Krane unterliegt insofern einer Beschränkung, als dieselben bei einem beabsichtigten Transport auf Eisenbahnen nicht nur die Normalspurweite, sondern auch die vorgeschriebene Höhe (zum Passiren von Tunnel etc.) nicht überschreiten dürfen. Sollen diese Krane in die Züge eingestellt werden, so sind ihre Fahrzeuge mit Tragfedern für die Achsen und mit Puffern zu versehen, sowie die Ausleger in der Weise anzubringen, dass sie ein Niederlegen während der Fahrt gestatten.

Einen einfachen fahrbaren Drehkran führt Fig. 721 vor Augen. Der Ausleger A B besteht aus zwei gehörig verstrebten Schienen aus ⊔eisen, welche

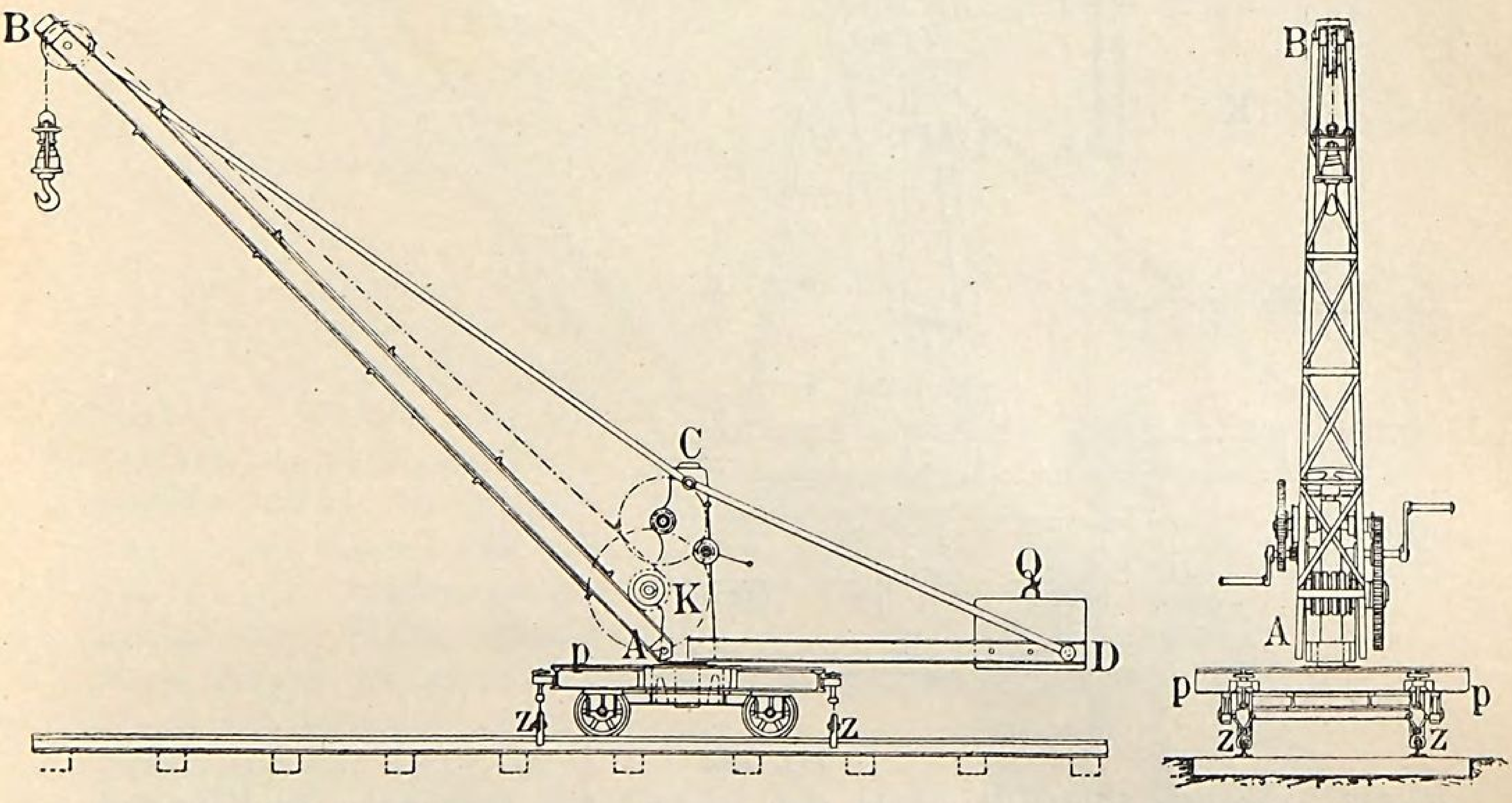


Fig. 721.

bei B die Lastseilrolle und die Zugstangen B C aufnehmen und bei A mit dem drehbaren Krangerüst K verbunden sind. Das letztere ist aus zwei gusseisernen Schilden gebildet, zwischen denen die Räderwinde mit Bremsscheibe, sowie eine Traverse und Grundplatte untergebracht sind, mit welchen der Krankörper von einer Kransäule in der oben (Fig. 716 S. 813) beschriebenen Weise getragen wird. Dem Ausleger A B gegenüber befinden sich zwei horizontale Träger A D ebenfalls aus ⊔eisen zur Aufnahme des Gegengewichtes Q und der Zugstangen D C zum Anschluss an den Krankörper K. Der vierräderige Wagen, dessen Spurweite sich dem Gebrauchsgleise anschliesst, besitzt eine Plattform p p aus Doppel T- und ⊔eisen zusammengesetzt, mit einem Tragstücke in der Mitte zur Aufnahme der gusseisernen

Kransäule. Um denselben an jeder Stelle auf den Schienen vorübergehend festhalten zu können, befinden sich an den Köpfen der Längsbalken Zangen z z, deren Mäuler um die Schienenköpfe fassen und durch Zugschrauben geschlossen und angezogen werden. — Krane dieser Anordnung dienen als sogenannte Normalkrane auf den Eisenbahnstationen für die Normalspurweite von 1,455 *m* und eine Tragfähigkeit von 2500 und 7500 *kg* sowie mit 4,5 *m* Ausladung von der Säulenmitte und 6 *m* Höhe der Rollenmitte über der Schienenoberkante.

Zur Erklärung eines fahrbaren Dampfkranes ist die durch Fig. 722 vergegenwärtigte Ausführung gewählt. Auf der rahmenartigen als Wagen-

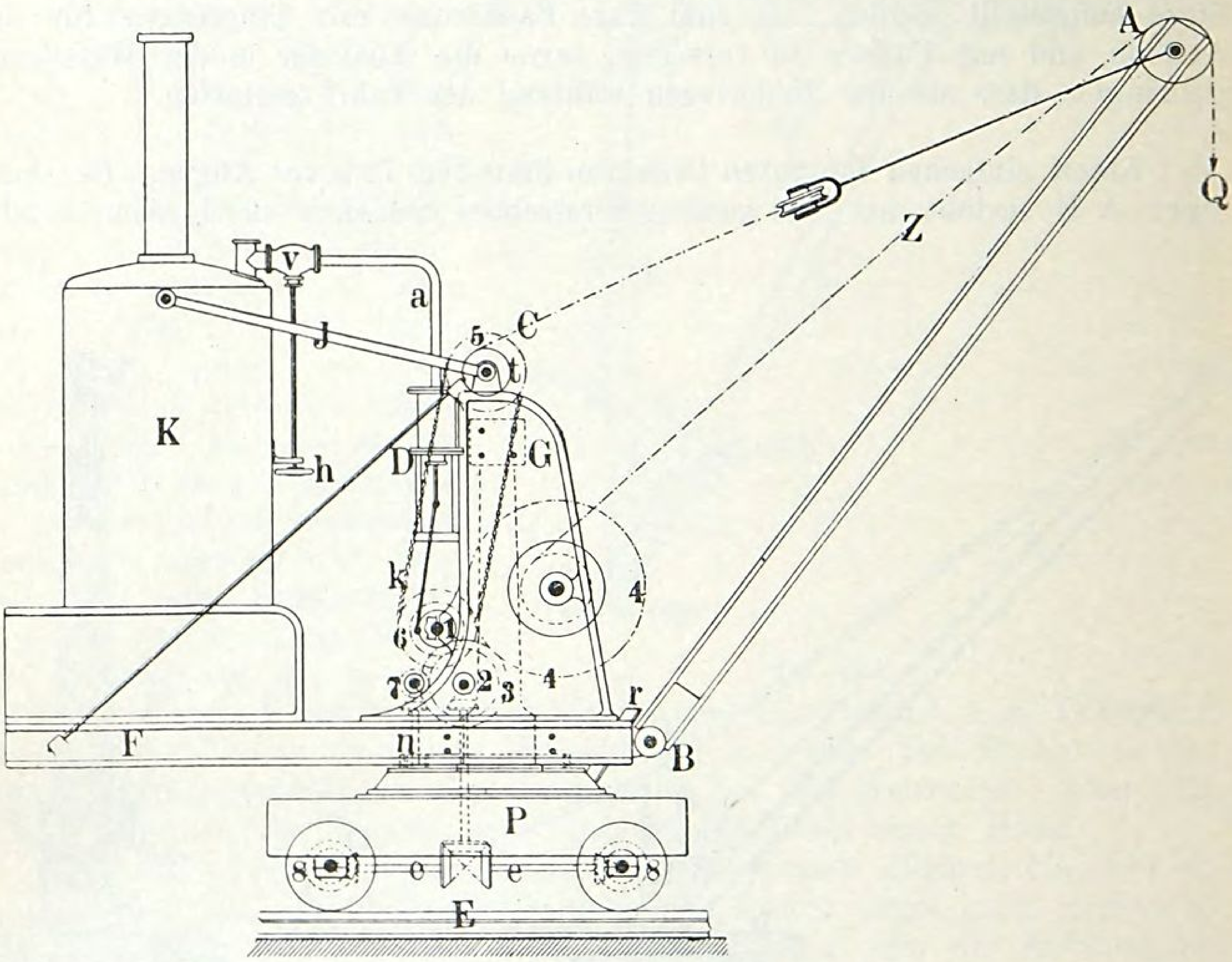


Fig. 722.

gestell dienenden Platte P erhebt sich hiermit fest verbunden die Kransäule, welche in der S. 813 Fig. 716 angegebene Art das Krangerüst G aufnimmt und um die Säule auf Rollen zu drehen gestattet. Das Krangerüst erweitert sich unten zu einer Plattform F, welche den stehenden, durch die Zugstange J mit dem Gerüst verbundenen Dampfkessel K trägt und zwischen Kessel und Ständer G Platz für die Bedienung lässt. Der Dampfkessel wird sehr häufig nach dem Muster Fig. 488, S. 566 ausgeführt.

Die Betriebsdampfmaschine D hängt an der vorderen Fläche des Gerüstes G und wird durch das Dampfrohr a, mit dem von dem Handrade h aus zu stellenden Regulirventil v gespeist. Dem Dampfkessel gegenüber ist der Ausleger A B angebracht, der an der Kette C hängt und um eine Achse bei B drehbar, durch diese flaschenzugartig angezogene Kette gesenkt und gehoben werden kann. Zur Bewegung der Last Q dient die Kette Z

mit der Kettentrommel einer Vorgelegewinde, die zwischen den zwei Gestellständern G gelagert ist.

Sämtliche Bewegungen werden unter Zuhilfenahme von Kupplungen von der Dampfmaschine D bethätigt, die zu dem Zwecke zunächst die Kurbelzapfenscheibe 1 und damit eine vor dem Gestelle gelagerte Welle in Umdrehung versetzt. Von dieser Welle gelangt die Bewegung durch das Zahnrad 2 auf eine zweite Welle und das Rad 3 auf das Rad 4 der Windetrommel zum Heben und Senken der Last Q. Die Veränderung der Ausladung erfolgt mittels der Kettentrommel t, welche die Kette C auf- und abwickelt und zu dem Zwecke von der endlosen über die Scheiben 5 und 6 gespannten Kette k von der Kurbelwelle aus gedreht wird. Zum Wenden, Schwenken oder Drehen des Kranes um die Kransäule ist auf der Platte P ein inwendig verzahntes Rad n (Fig. 718, S. 814) angebracht, mit dem ein Trieb in Eingriff steht, das durch ein Kegelräderpaar von dem Zahnrade 2 aus angetrieben wird. Zur Fahrbewegung längs des Eisenbahngleises E sind die Radachsen mit Kegelzahnrädern 8 versehen, die von den Wellen e e in der aus der Figur genügend erkennbaren Weise gleichzeitig Antrieb von der Welle 2 aus erhalten.

Bemerkenswert an vorliegender Ausführung ist die möglichst gleichmässige Verteilung der verschiedensten Lasten Q, G, K. u. s. w., indem dieselbe in der Weise vorgenommen ist, dass auch bei wechselnder Last Q die Standfestigkeit des ganzen Krans gesichert erscheint, ohne die Leichtigkeit der Bedienung und der Bewegungen zu beeinträchtigen.

Eine eigenartige Verwendung findet der hydraulische Drehkran in der besonderen durch Fig. 723 vor Augen geführten Ausführung zum Transportiren und zum Eingiessen grösserer Mengen von geschmolzenem Stahl oder Flusseisen in den sog. Bessemerwerken als Giesskran. Es handelt sich hierbei darum, den Inhalt der Bessemerbirnen durch Kippen der letzteren in grosse Giesspfannen zu entleeren und aus diesen in eiserne in einem Kreise herumgestellte Formen (Ingots) zu giessen und zu diesem Zwecke die Giesspfannen heben, senken, im Kreise herumbewegen und kippen zu können. Die Pfanne A hängt um Zapfen drehbar in dem Gabelende des Tragbalkens B B, der am anderen Ende ein Gegengewicht aufnimmt und von einem Hohlkegelstücke E getragen wird, das oben mittels eines halbkugelförmigen Spurzapfens z auf dem als Kransäule dienenden Plungerkolben C aufruht und unter sich zum Zwecke einer sicheren Führung mit Rollen an denselben anlegt. Die Drehung des Auslegers B B um den

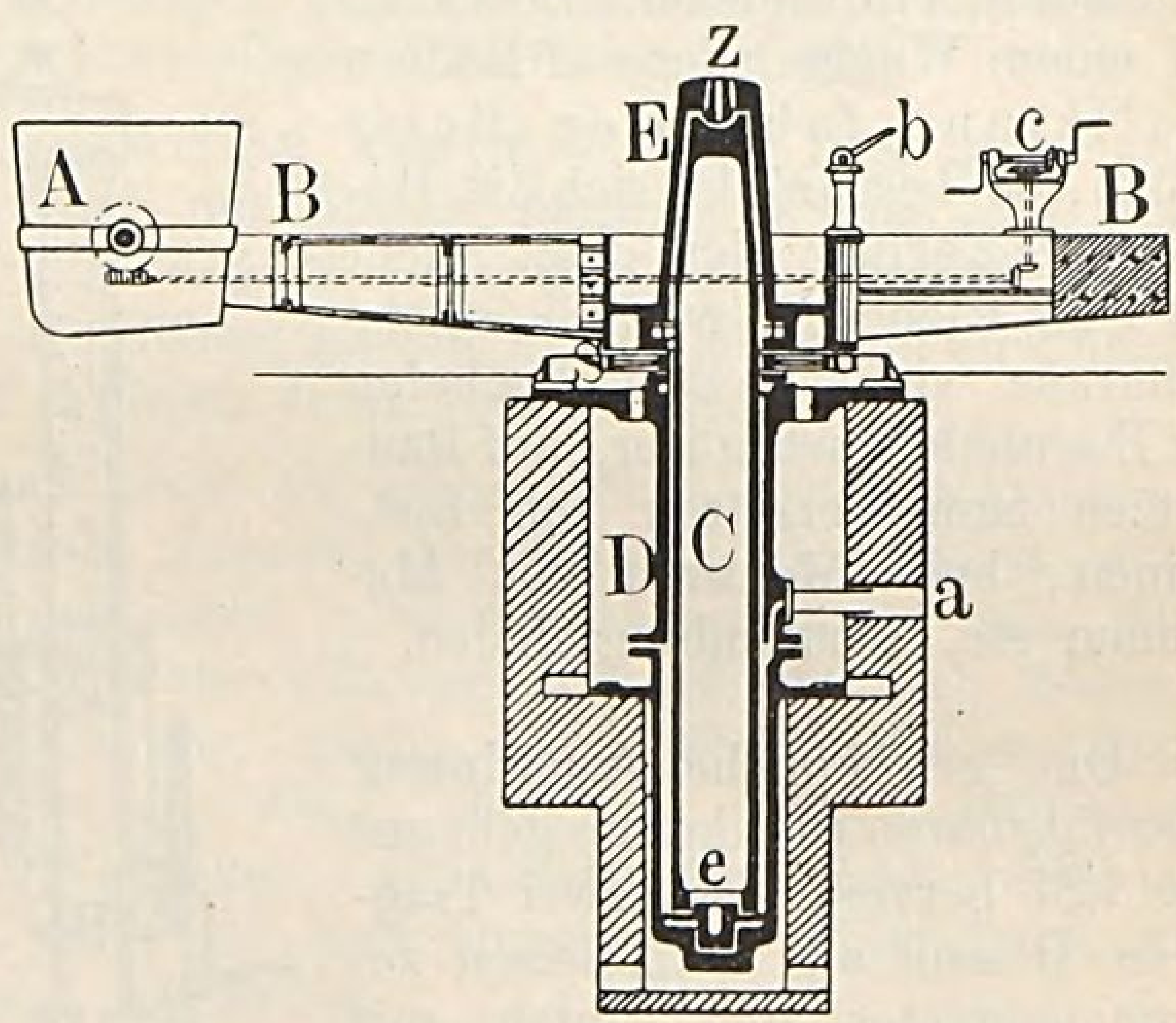


Fig. 723.

Kolben C erfolgt durch ein Zahnradgetriebe (Fig. 718, S. 814) von der Handkurbel b. Zum Kippen der Pfanne A dient das Windewerk c, von dem eine horizontale Welle angetrieben wird, welche mit einer Schnecke in ein Schneckenrad eingreift, das auf dem verlängerten Drehzapfen der Giesspfanne A festgekeilt ist.

Der hohle Tragkolben C ist unten mit einer rund herum vorspringenden Platte abgeschlossen und bewegt sich in einem Druckcylinder D, der unter die Hüttensohle versenkt und von einer schweren Platte getragen wird. Das seitwärts in den Cylinder eintretende Rohr a führt aus einem Akkumulator (S. 202) Druckwasser zu, das den Kolben und damit die ganze Last zum Heben bringt Um die Hebung auf die Maximalhöhe zu beschränken, setzt man den Druckcylinder, der zugleich zur Führung des Kolben C bei dessen Hebung und Drehung zu dienen hat, aus zwei Teilen zusammen, wovon der obere enger als der untere ist, so dass die untere Abschlussplatte e mit dem vorspringenden Rand gegen den unteren Flansch der engeren Cylinderhälfte tritt. Ausserdem ist noch ein Sicherheitsventil vorhanden, das sich beim höchsten Stande des Krans öffnet. — Durch Austauschen der Giesspfanne A mit einer Hebezange gewinnt man eine Vorrichtung zum Transport der glühenden Gussblöcke (Blockkran).

B. Bühnenkrane.

Die Bühnenkrane weisen ebenfalls mehrere charakteristische Grundformen auf. In der einfachsten Ausführung besteht ein Bühnenkran aus einem wagrechten Träger, der auf 2 hölzernen oder eisernen Böcken aufruht (Bockkran), und auf dem die Windvorrichtung selbst oder eine Laufkatze verschoben werden kann, die von einer an dem Bock angebrachten Winde angetrieben wird.

Steht ein solcher Bockkran auf einem Wagen oder auf Rädern (Rollkran, fahrbarer Bockkran), so beschränkt sich die Horizontalbewegung der Last nicht auf eine Richtung, weshalb solche Rollkrane vielfach zum Umladen der Eisenbahnfrachtgüter, auf Bauplätzen zum Versetzen von Bausteinen, beim Montiren von Maschinen etc. Verwendung finden.

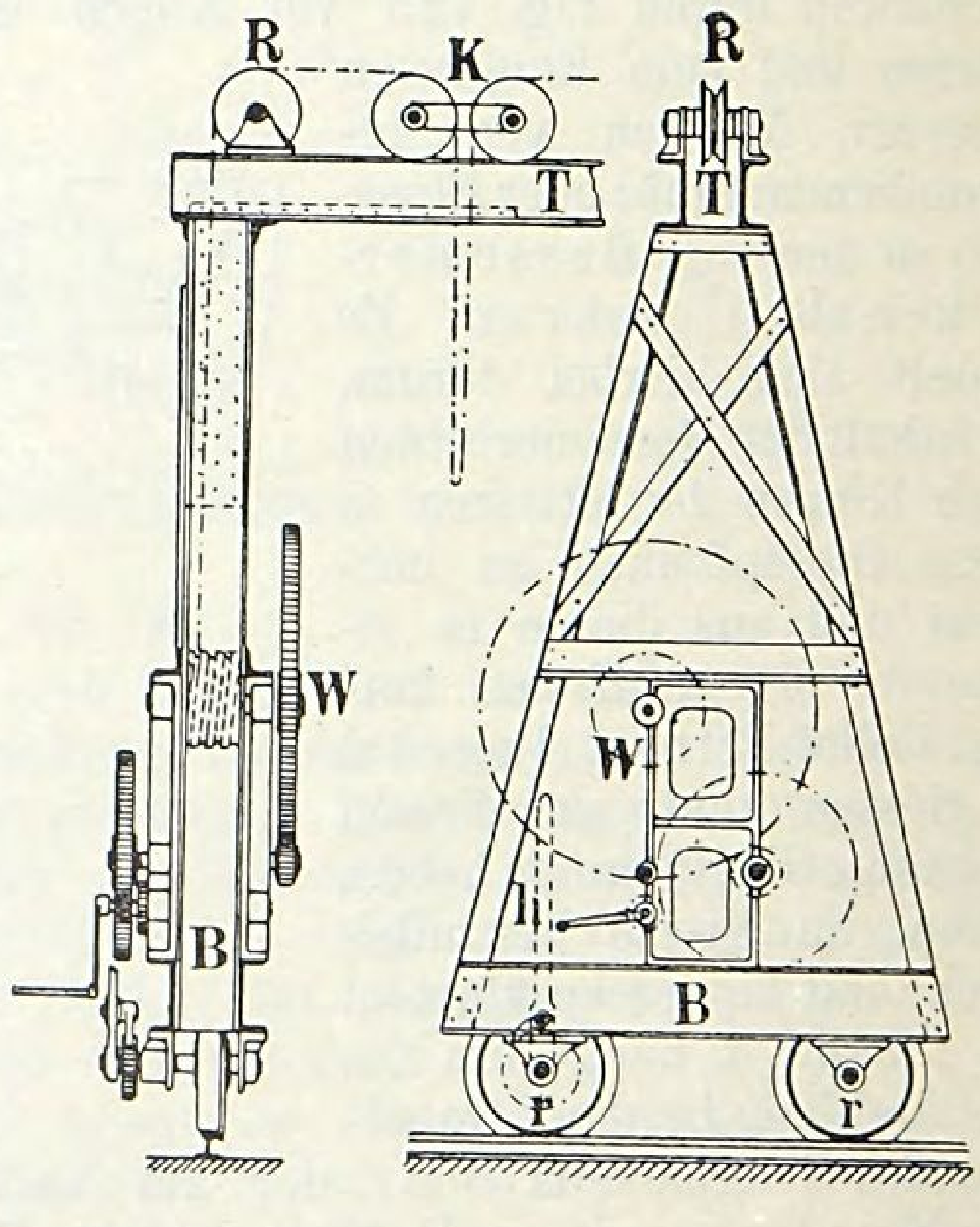


Fig. 724.

Die gewöhnliche Anordnung eines fahrbaren Bockkranes geht aus Fig. 724 hervor. Die zwei Tragböcke B sind aus Winkeleisen zusammengenietet und laufen mit zwei Rädern r, r auf Schienen. Als Horizontalträger T dienen zwei [Eisen, welche parallel neben einander liegen, die beiden Böcke zugleich verbinden und an den Enden eine Rolle R für die Führung der Lastkette oder des Lastseiles k tragen. Zwischen den Blöcken hin- und her-

beweglich läuft auf dem Träger T die Katze K zur Aufnahme der an der Lastkette hängenden Last. An jedem Bock befindet sich zunächst eine Vorgelege-Winde W, so dass der Kran mit zwei Winden ausgestattet ist, welche ungleich gerichtet, gleichzeitig und mit gleicher Geschwindigkeit angetrieben werden, um die Last ohne Ortsveränderung der Katze zu heben oder zu senken. Zum Zwecke der Katzenverschiebung tritt eine der beiden Winden zum Ziehen in Thätigkeit, während die andere durch gleichgerichtete Drehung der Windetrommel die Kette abwickelt. Die Bewegung des Kranes auf den Schienen erfolgt bei vorliegender Konstruktion mittels Ratschhebel h, deren Hin- und Herschwenken eine Fallklinke durch abwechselndes Einfallen in ein auf der Laufradachse sitzendes Klinkenrad zur Wirkung bringt und den Transport bedeutender Lasten von Hand gestattet. — Andere Ausführungen erhalten statt der Ratschhebel Speicher- oder Griffräder mit Zahnrad oder Kettenübertragung.

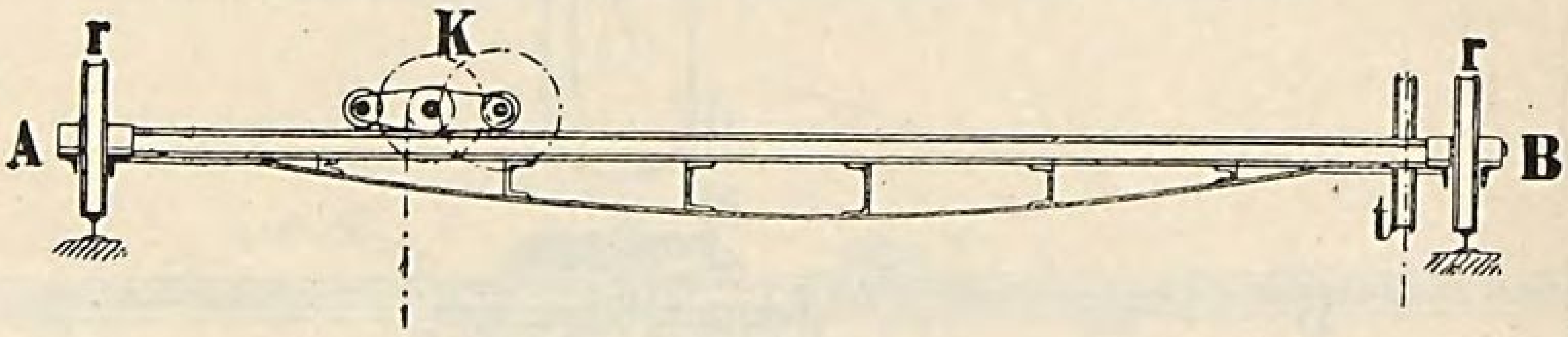


Fig. 725.

Legt man (Fig. 725) die Bühne A B des Bühnenkrans nicht auf hohe Gestelle, sondern mit Rädern r, r auf niedrige Böcke und ordnet die Räderlaufbahn über dem Fussboden, z. B. auf Säulen oder auf hoch angebrachten Wandkonsolen oder Mauerauskragungen u. dergl. an, so erhält man einen Laufkran, der seiner Ausführnng und Anbringung nach dazu bestimmt ist in abgemessener Höhe über dem Fussboden ungehindert sich zu bewegen, um gehobene Lasten vermöge der zwei Bewegungsvorrichtungen parallel und senkrecht zur Bühne nach jeder Stelle des bestrichenen viereckigen Raums zu schaffen.

Zum Heben, Senken und wagrechten Verschieben der Last längs der Bühne dient in der Regel eine auf der Bühne fahrbare Winde oder eine Laufkatze K und zwar vielfach in den S. 775 u. f. dargestellten Ausführungen, zu deren Bedienung bei kleinen Lasten die Arbeiterhand ausreicht, bei grossen dagegen ein eigener Antrieb vorausgesetzt wird.

In einzelnen Fällen wird auch wohl die ganze Bühne durch Menschenhand z. B. von unten her mittels Zugseile verschoben, gewöhnlich aber auch hierzu Maschinenantrieb vorgezogen. Die Kraftübertragung von der Kraftmaschine auf die einzelnen Teile der Bühnenkrane erfolgt durch Wellen oder Seile, in neuester Zeit jedoch sehr häufig durch Elektromotoren und zwar für nicht zu grosse Lasten in der Weise, dass von einer unmittelbar vom Elektromotor angetriebenen Welle aus, vermittelst Ein- und Auslösen dreier Kupplungen die Hebung, Senkung und Querbewegung der Last, so wie die Längsbewegung der Bühne stattfindet.

Ein Laufkran, der sich für kleine Betriebe besonders empfiehlt, wenn man auf die Bewegung der Bühne verzichten und auf die Bewegung der Katze sich beschränken will, ist bereits S. 775 Fig. 678 angeführt.

Für grössere Lasten mit Handbetrieb und Bühnenbewegung steht der in Fig. 726 dargestellte Kran vielfach in Gebrauch.

Die Bühne besteht aus zwei Balken B B, B B, welche an der unteren Seite durch ein Sprengwerk mit gusseisernen Stützen C C und eisernen Zugstangen D D verstärkt sind. Beide Tragbalken sind an ihren Enden durch

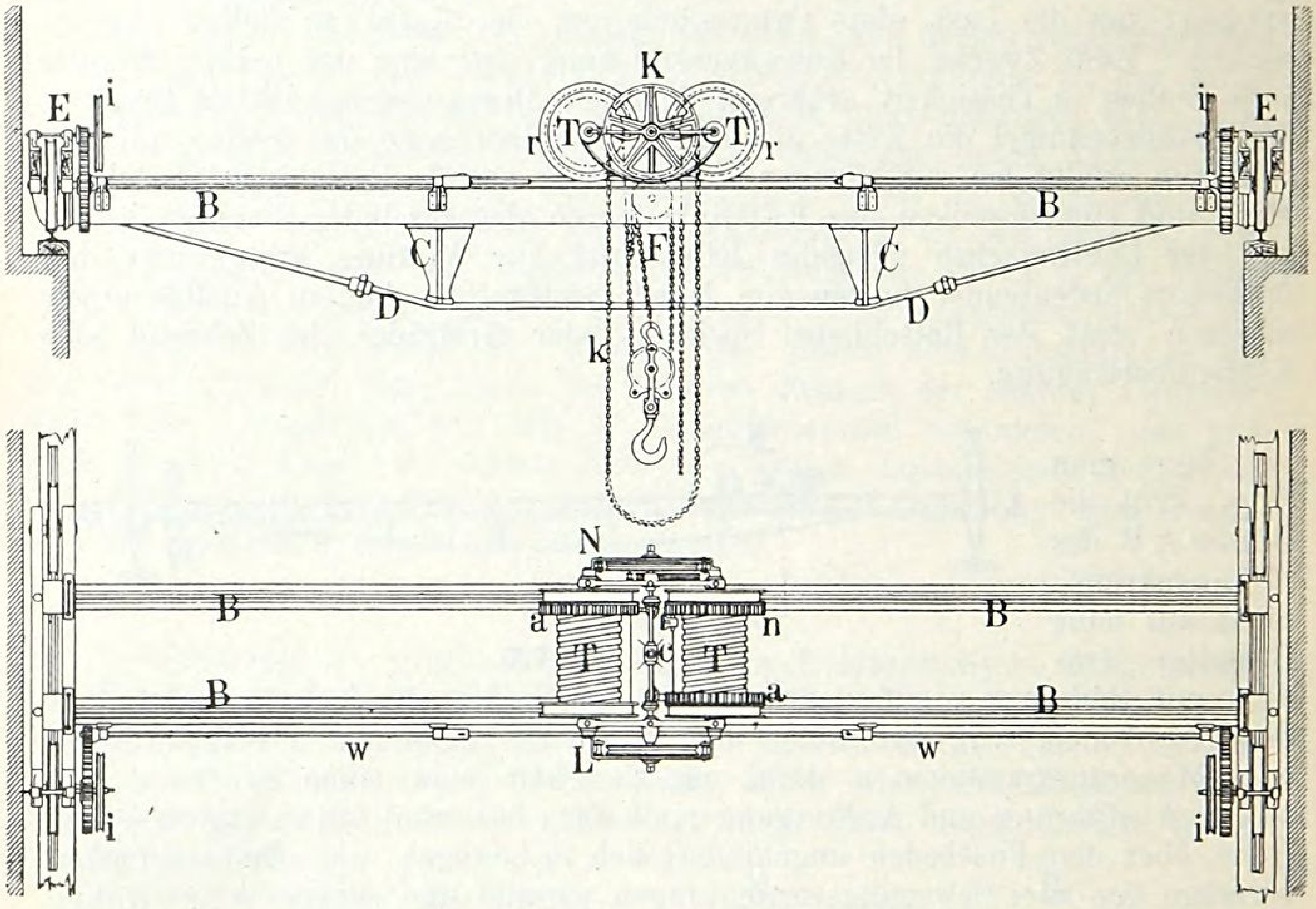


Fig. 726.

Schuhe und zwei Querbalken verbunden, die zusammen das Gerüst E E für die Fahrräder der Bühne darstellen und an beiden Seiten die Vorgelege i i zur Bewegung des ganzen Krans tragen. Die Bewegung der Bühne wird von einer Kettenscheibe i i aus durch eine Getriebeübersetzung auf die Achse der Fahrräder übertragen. Die hierzu dienenden beiden Vorgelege sind durch eine längs des Krans hinlaufende Wellenleitung w w miteinander verbunden, um einen möglichst gleichförmigen Betrieb der beiderseitigen Fahrgerüste herzustellen, wenn der Antrieb einseitig stattfindet.

Die Laufkatze K besteht aus einem Fahrgerüst mit vier Rädern r r, deren Wellen gleichzeitig als Bewegungsachsen für zwei drehbar aufgesteckte Kettentrommeln T T, dienen, und dadurch den ganzen Mechanismus sehr einfach gestalten. Eine aus zwei in der Mitte wie an den Seiten im Fahrgerüst gelagerten Stücken bestehende Welle c zwischen den beiden Trommeln T, T trägt zwei konische Zahnräder, welche nach je einer der beiden Trommeln die Bewegung durch ein zweites Kegelrad und eine Schnecke übertragen. Die Schnecken bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit, wie die Betriebswelle c der Winde; von ihnen wird die Bewegung nach den Trommeln auf je ein Rad a a übertragen, wobei die Trommeln die entgegengesetzte Bewegungsrichtung erhalten. Zur Lastbewegung dient ein Flaschenzug F mit zwei Kloben zu je drei Rollen, wodurch noch eine weitere Verminderung der zur Hebung grosser Lasten erforderlichen Kraft erreicht ist, während der

Schneckenantrieb zugleich eine Selbsthemmung hervorruft. Zum Aufziehen und Niederlassen der Last ist auf die Betriebswelle c ein Kettenrad L gesteckt, von dem die endlose Kette k frei herunterhängt, die von einem Arbeiter angezogen, die Winde in Thätigkeit setzt.

Die Hin- und Herbewegung der Winde findet desgleichen mit einer Kette ohne Ende statt, welche, über das Kettenrad N gelegt, ebenfalls frei herabhängt, und durch ein Vorgelege n auf das Zahnrad n und somit auch auf die Fahrräder einwirkt.

Vorstehender Laufkran findet namentlich in Eisengiessereien Verwendung, wenn schwere Giesskübel und Gusstücke zu transportiren sind und eine Kraftmaschine nicht zur Verfügung steht. Derselbe ist für diesen Zweck früher aus Holzbalken und hölzernen Querriegeln hergestellt, in neuerer Zeit aber auch aus Walzeisen ausgeführt.

In Fig. 727 ist die Anordnung einer Laufkatze mit Seilantrieb skizzirt.

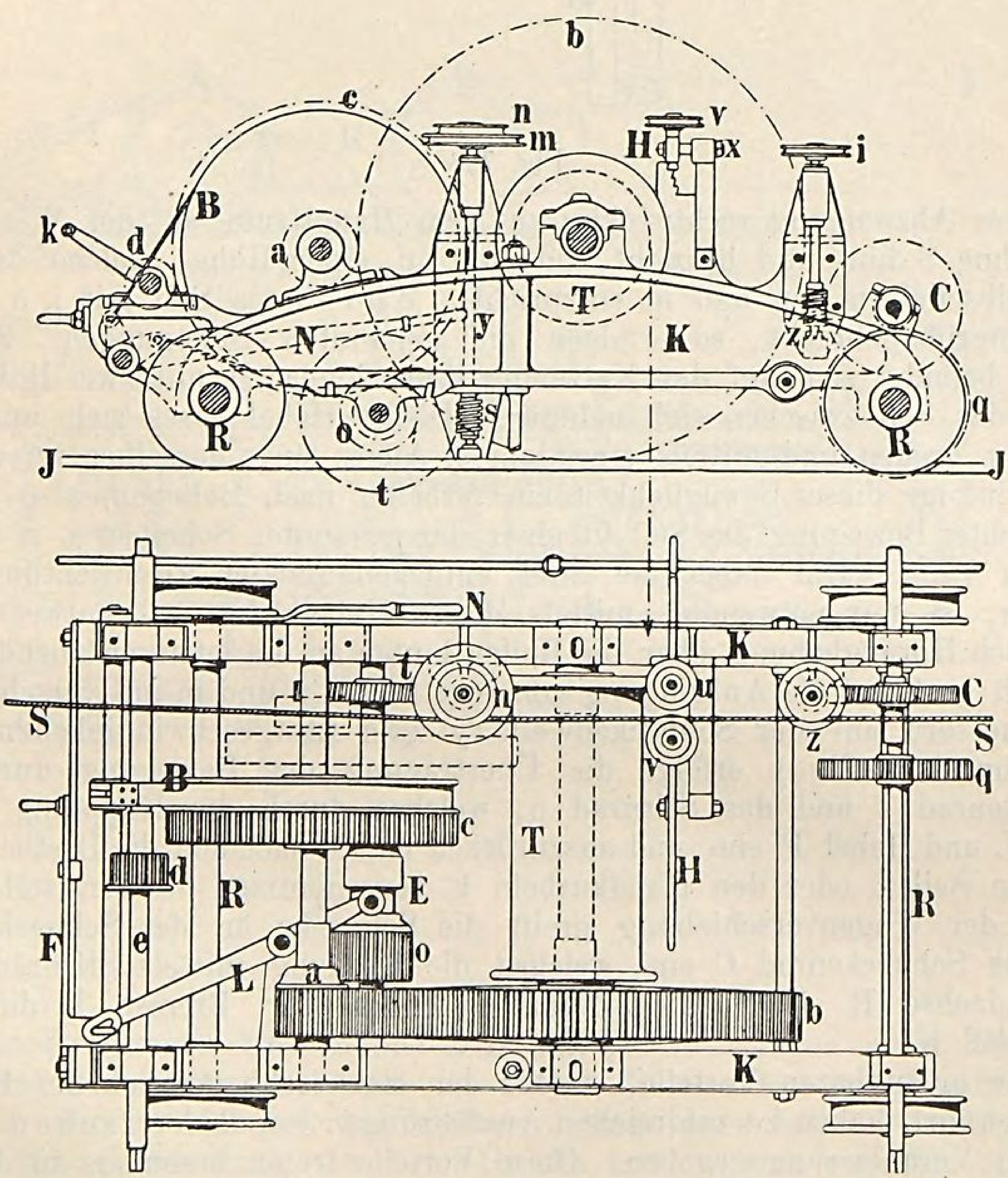


Fig. 727.

Die Katze besteht der Hauptsache nach aus zwei gusseisernen Schilden K, welche durch Querstangen in gewünschter Entfernung mit einander verbunden sind, auf vier Laufrädern R ruhen und die einzelnen Winde- und Bewegungs-

teile zwischen sich aufnehmen. Zu diesen gehört zunächst die Windetrommel T mit dem Vorgelege b, a, c, d und Welle e für Handbetrieb mittels zweier Kurbeln k, sowie mit dem Seilantriebe von den Seilscheiben n und m mittels Schnecke s und Schneckenrad t, nebst Bandbremse B, sodann die bei C angebrachte Vorrichtung zur Hin- und Herbewegung der Katze ebenfalls von dem Treibseil S aus mit Hilfe der Seilscheibe i angetrieben.

Das Treibseil S S bildet ein endloses Seil (Fig. 728), welches sich durch den ganzen Arbeitsraum an der Wand entlang zieht, ununterbrochen über die Rollen a b c von einer Dampfmaschinentransmission nach einer Richtung bewegt und derart abgezweigt und über Rollen geleitet wird, dass

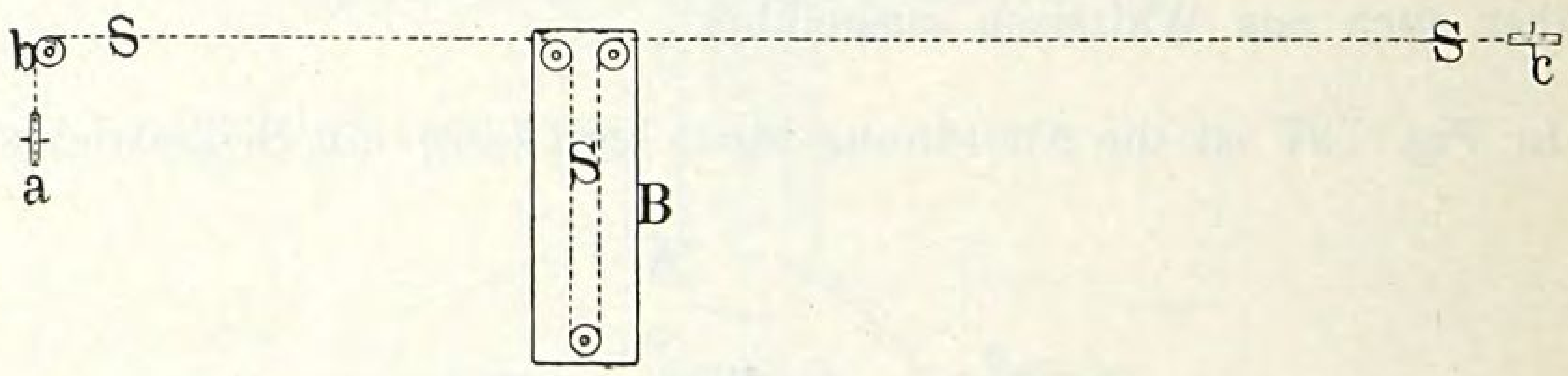


Fig. 728.

sich diese Abzweigung rechtwinklig zu dem Haupttrum an der Wand über der Bühne S hin- und herzieht und zwar in einer Höhe, welche der Lage der Treibscheiben i, n und m entspricht. Wird dieses Seil mit i, n oder m zum Angriff gebracht, so erfolgen die genannten Bewegungen. Zu dem Zwecke befindet sich auf der Katze der Einrückhebel H mit zwei Rollen u v, welche das Seil zwischen sich nehmen. Dieser Hebel lässt sich um einen Bolzen x drehen und mittels eines langen Auges längs desselben verschieben, so das infolge dieser Beweglichkeit ein Arbeiter nach Belieben, also je nach erwünschter Bewegung das Seil in einer der genannten Scheiben i, n oder m einlegen kann. Um dabei die zwei entgegengesetzten Drehrichtungen zu erhalten, ist nur notwendig, mittels dieses Hebels das Seil entweder vorn oder nach Hinweghebung über die Rollen hinten an die letzteren anzudrücken. Zugleich gestattet die Anbringung von zwei Rollen n und m mit verschiedenen Durchmessern auf der Schneckenwelle y zwei Lastgeschwindigkeiten. Von der Schneckenwelle y erfolgt die Übertragung der Bewegung durch das Schneckenrad t und das Stirnrad o, welches durch die Kupplung E mit Hebel L und Hebel F ein- und auszurücken ist, je nachdem die Lastbewegung von dem Seil S oder den Handkurbeln k vorgenommen werden soll. Zum Zwecke der Wagenverschiebung greift die Schnecke an der Schneckenwelle z in das Schneckenrad C ein, welches die Drehung mittels Stirnräder auf die Radachse R überträgt Zum Anziehen der Bremse B dient der Handhebel K.

Die unleugbaren Vorteile, welche der elektrische Antrieb der Bühnenkrane gewährt, haben zu zahlreichen Ausführungen von elektrischen Laufkranen Veranlassung gegeben. Diese Vorteile treten besonders in der Einfachheit der ganzen Anlage, in der Sicherheit und dem bedeutenden Nutzeffekt des Betriebes, namentlich aber auch in der Unabhängigkeit hervor, die man in Bezug auf die Stellung des Kranes zu der Kraftmaschine gewinnt, indem die sonst gewöhnlich notwendigen Transmissionen aus Wellen, Rädern, Riemen-

scheiben, Seilen, etc. in Wegfall kommen und durch einfache Kabelleitungen ersetzt werden.

Als Grundlage dieser Anlagen ist diejenige Anordnung anzusehen, bei welcher sich auf der Bühne selbst ein Elektromotor befindet, der eine Hauptwelle in Bewegung setzt, von welcher sich mit Hilfe von Kupplungen sämtliche Bewegungen abzweigen, indem entsprechende Nebenwellen in Gang gesetzt werden, welche die Hebung und Senkung der Last sowie die Verschiebung der Katze auf der Bühne und die Verschiebung der Bühne bewerkstelligen. Dass wegen der bedeutenden Umdrehzahl der Elektromotoren die Übertragung der Bewegung allgemein mittels Schneckengetriebe erfolgt, obwohl auch Stirnzahnräder nicht ausgeschlossen sind, wurde bereits S. 740 hervorgehoben.

Eine durch Einfachheit und Zweckmässigkeit ausgezeichnete Anordnung eines elektrisch betriebenen Laufkrans (Nürnberger Maschinenbaugesellschaft vormals Kramer-Klett) führt Fig. 729 im Wesen vor Augen.

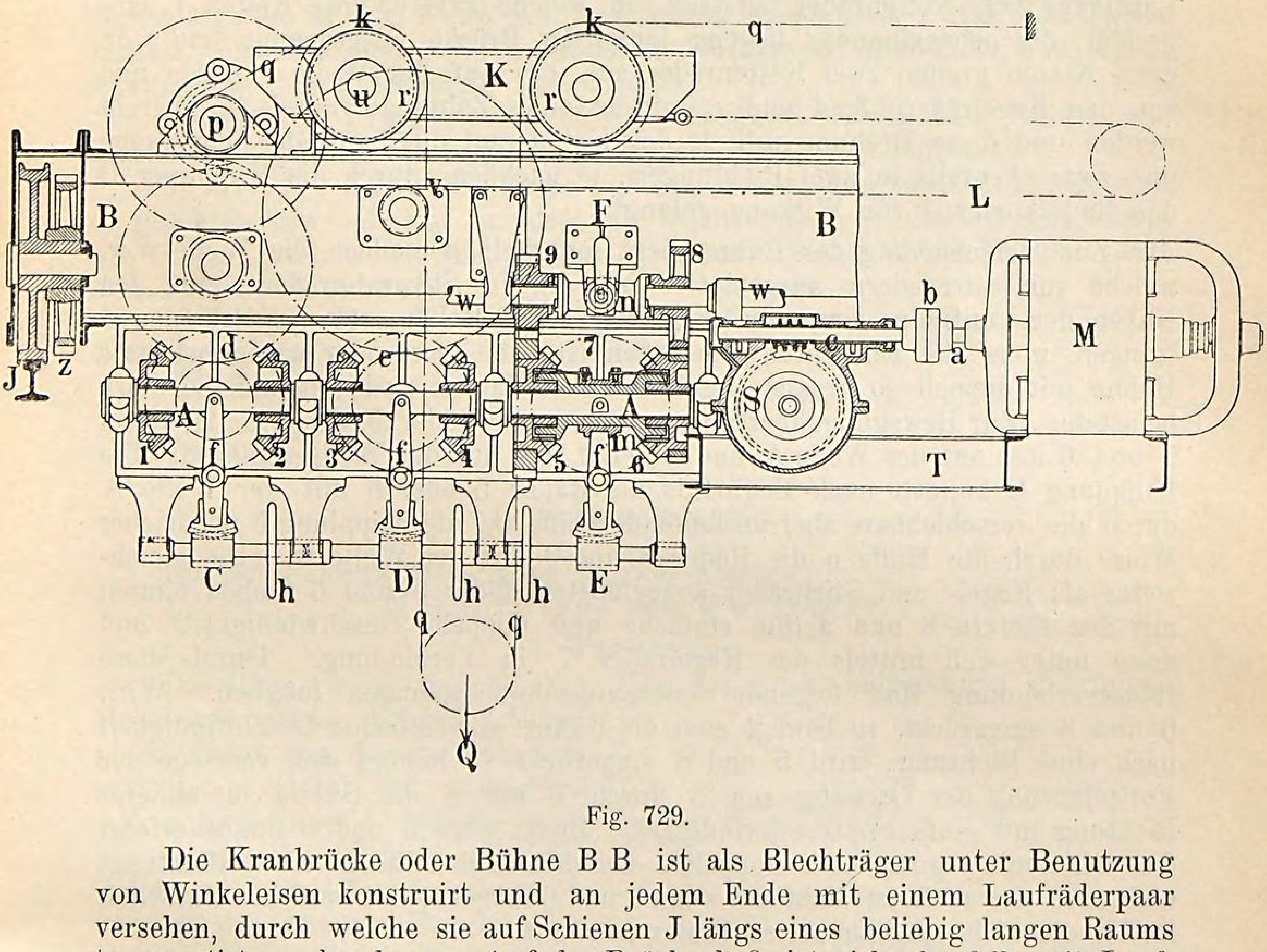


Fig. 729.

Die Kranbrücke oder Bühne B B ist als Blechträger unter Benutzung von Winkeleisen konstruirt und an jedem Ende mit einem Laufräderpaar versehen, durch welche sie auf Schienen J längs eines beliebig langen Raums transportirt werden kann. Auf der Brücke befindet sich ebenfalls mit Laufrädern r r auf Schienen beweglich die Laufkatze K mit den zwei Kettenrollen k k zur Aufnahme der Lastkette q q q q, die mit einem Ende nach Art der Fig. 724, S. 820 erklärten Einrichtung an der Bühne befestigt und mit dem anderen Ende zum Auf- und Abwickeln auf das Kettenrad p mit

Führung nach Fig. 689 S. 783 geleitet ist und an einer losen Rolle die Last Q aufnimmt. Unter der Brücke hängt mit derselben befestigt das Gestell zur Anbringung aller Teile und des Elektromotors M, welche die notwendigen Bewegungen herbeiführen.

Von der Achse a des Elektromotors M, welche durch die Kupplung b mit der Schneckenachse c gekuppelt ist, erfolgt zunächst mittels des Schneckenvorgeleges S und Kegelräder die Übertragung der Bewegung auf die Hauptachse A A. Auf dieser Achse A sitzt zum Eingriff in ein Kegelrad d das Kegelräderpaar 1 und 2, auf der Welle A verschiebbar, durch eine Reibungskupplung bei C einzukuppeln, um je nach der Bewegungsrichtung das Rad 1 oder 2 zum Eingriff zu bringen. Von der das Kegelrad d tragenden Achse geht sodann die Bewegung durch das aus der Zeichnung ohne weiteres erkennbare Stirnrädervorgelege zur Hebung und Senkung der Last Q auf die Kettenrolle p über, welche auf dem oberen Rande der Brücke gelagert ist.

Zur Hin- und Herbewegung der Katze K sind auf der Achse u der Laufräder zwei Kettenräder befestigt, in welche zwei endlose Ketten L eingreifen, die nebeneinander liegend längs der Brücke ausgespannt sind. In diese Ketten greifen zwei Kettenräder ein, die auf der Welle v sitzen und von den Kegelrädern 3, 4 und c mittels eines Zahnrädervorgeleges gedreht werden und diese Drehung mittels der Ketten auf die Laufräder übertragen und zwar ebenfalls in zwei Richtungen, je nachdem durch die Kupplung D das Rad 3 oder 4 zur Wirkung gelangt.

Zur Verschiebung der Bühne liegt innerhalb derselben die Welle w w, welche mit Stirnrädern ausgestattet ist, die in Stirnzahnräder z auf den Naben der Laufräder eingreifen und diese zum Rollen auf den Schienen J bringen, wobei die Einrichtung getroffen ist, die leere oder wenig belastete Bühne mit doppelt so grosser Geschwindigkeit laufen zu lassen als die stark belastete. Zur Bewegungsübertragung dienen die Räder 5, 6, 7, 8, 9, wovon 5 und 6 lose auf der Welle A und 8 und 9 lose auf der Welle w liegen. Die Kupplung E kuppelt nach Bedürfnis die Räder 5 oder 6 mit der Welle A durch die verschiebbare aber mitlaufende Muffe m, die Kupplung F in gleicher Weise durch die Muffe n die Räder 8 und 9 mit der Welle w. Die gleichzeitig als Kegel- und Stirnräder ausgeführten Räder 5 und 6 stehen einmal mit den Rädern 8 und 9 (für einfache und doppelte Geschwindigkeit) und dann unter sich mittels des Kegelrades 7 in Verbindung. Durch diese Räderverbindung sind folgende Bewegungsabwechselungen möglich. Wird 6 und 8 eingerückt, so bewegt sich die Bühne mit einfacher Geschwindigkeit nach einer Richtung; wird 5 und 8 eingerückt, so bewegt sich vermöge der Fortpflanzung der Drehung von 5 durch 7 auf 6 die Bühne in anderer Richtung mit einfacher Geschwindigkeit. Rückt man 5 und 9 ein, so erfolgt die Bühnenbewegung mit doppelter Geschwindigkeit nach einer Richtung, und nach der anderen Richtung, wenn 9 und 6 eingekuppelt werden. Natürlich laufen die nicht angekuppelten Räder leer mit.

Zur Ein- und Ausrückung der Räder 1, 2, 3, 4 und 5, 6 mittels der Muffe m dienen die Hebel f f f, welche kurze Zahnbogenstücke tragen, in welche Schnecken eingreifen, die in den Kapseln C, D, E auf Wellen sitzen, und mit diesen von Handrädern h, h, h in Umdrehung versetzt werden. Eine ähnliche Vorrichtung steht mit dem Hebel F in Verbindung.

Drittes Kapitel.

Wasserförder-Vorrichtungen.

Die Ortsveränderung einer Flüssigkeit erfolgt, wie bereits Seite 644 angegeben ist, sowohl in horizontaler, als in vertikal abwärts gehender Richtung infolge der Schwerkraft, so dass zur Bewegung derselben es nur einer durch das Gefälle bezeichneten Höhenlage bedarf, um sie jedem niedriger gelegenen Ort zufliessen zu lassen. Soll hingegen eine aufwärts gerichtete Ortsveränderung stattfinden, um z. B. das Wasser von einem höher gelegenen Ort nach verschiedenen Richtungen hin zu verteilen, so ist demgemäss umgekehrt die durch die Gefällshöhe bestimmte Wassersäule zu überwinden. Diese aufwärts gerichtete Ortsveränderung, welche als Förderung bezeichnet zu werden pflegt, benötigt daher einen bestimmten Arbeitsaufwand, welcher proportional der Höhe und der Fördermenge ist und mittels sogenannter Wasserfördervorrichtungen ausgeübt wird.

Eine solche Wasserförderung findet statt:

1) Durch Werfen oder Schleudern. Hierunter versteht man eine Bewegung, die in der Weise zur Ausführung gelangt, dass man das Wasser mittels Schaufeln oder schaufelähnlichen Werkzeugen aufnimmt und durch Schwingung dieser Schaufeln fortschleudert.

2) Durch Transport mittels Gefässe (Eimer oder Kübel), die mit Wasser gefüllt, gehoben und ausgeleert werden: Schöpfwerke.

3) Mittels Druck, welcher auf das Wasser ausgeübt wird, das sich in geschlossenen Gefässen befindet, von welchen eine geschlossene Rohrleitung bis zu der gewünschten Höhe führt. Das zur Leitung dienende Rohr führt den Namen: Steigrohr.

Hiernach werden die sämtlichen Wasserfördervorrichtungen in folgende 3 Gruppen geteilt:

I. Schleuderwerke.
II. Schöpfwerke.
III. Pumpen.

I. Schleuderwerke.

Die Schleuderwerke zerfallen in zwei Klassen:

Wasserwippe und Wurfräder.

A. Wasserwippe.

Die Wasserwippe besteht (Fig. 730) aus einem horizontalen einarmigen Hebel a b, welcher bei b den Drehpunkt findet und den nach abwärts gerichteten Hebel b d aufnimmt. Am untern Ende d befindet sich die sogenannte Schwungschaufel, welche in das Wasser eintaucht und bei der Abwärtsbewegung des Hebelpunktes a, das Wasser vor sich herdrängt und fortschleudert. Zur Ausübung dieser Bewegung befindet sich an a ein Seil s, an welchem stossweise gezogen wird. Damit die Schwungschaufel bei der

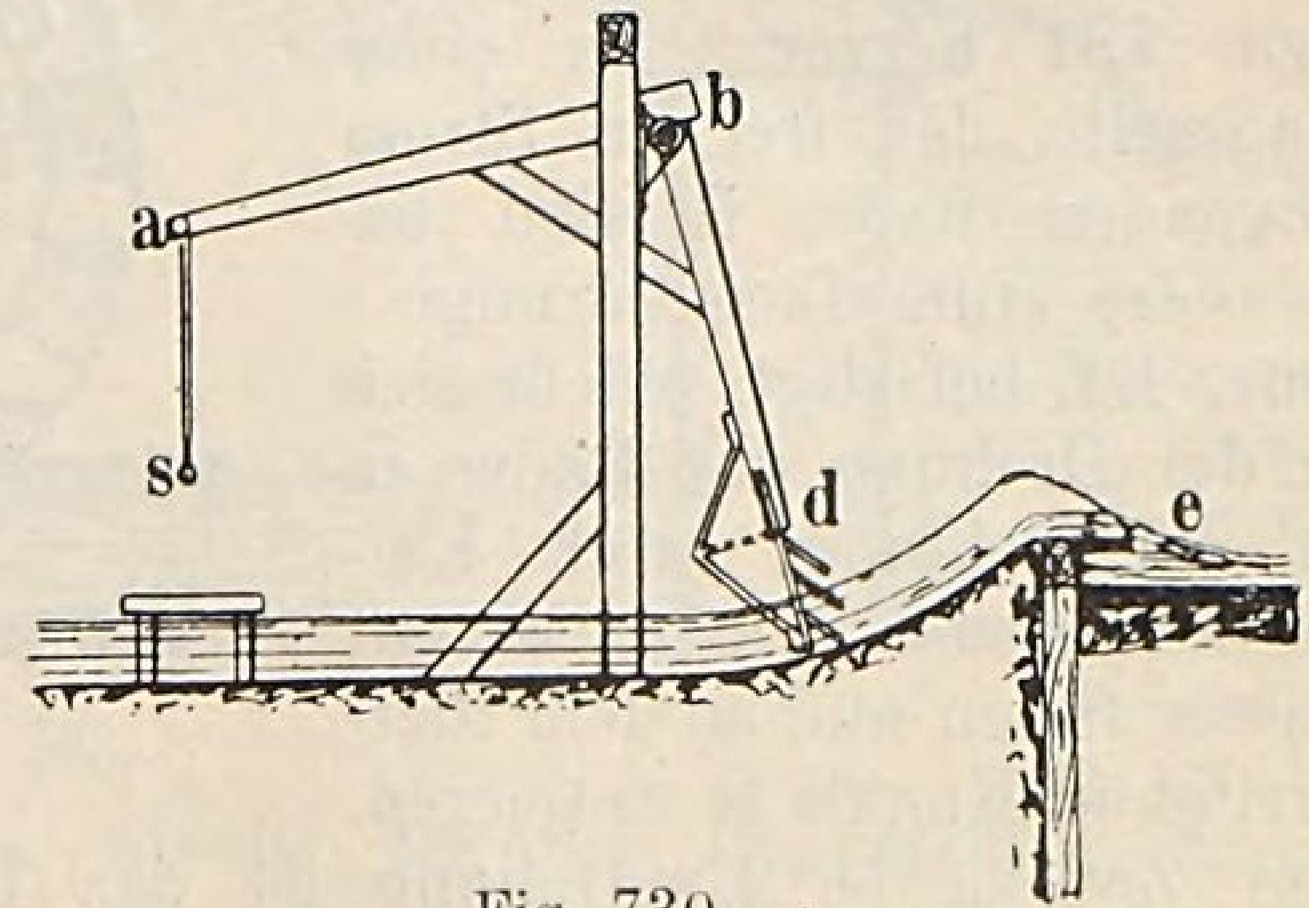


Fig. 730.

Rückwärtsbewegung den Wasserwiderstand leicht überwindet, ist dieselbe aus mehreren jalousieartigen Drehklappen hergestellt, die sich bei der Rückwärtsbewegung öffnen, bei der Schleuderbewegung schliessen. Diese Wasserförderungsvorrichtung findet nur selten und zwar zur Bewässerung von Ländereien und Entwässerung von Bauplätzen etc. Verwendung.

B. Wurfräder.

Die Wurfräder bilden gewissermassen umgekehrte vertikale Wasserräder, die von einer besonderen Triebkraft (vielfach Windmühlen) in Drehung versetzt werden. Die Schaufelung pflegt man in der durch Fig. 548 oder 550 S. 658 und 660 vor Augen geführten Art anzuordnen, indem man die Schaufeln in der Regel ebenflächig an einen besonderen Kreis tangential anordnet Diese Räder bewegen sich in einem Kropf und finden wohl nur noch im landwirtschaftlichen Betriebe zur Ent- und Bewässerung Verwendung.

II. Schöpfwerke.

Als Schöpfwerke werden solche Vorrichtungen bezeichnet, bei welchen mehrere Gefässe der Reihe nach ins Wasser tauchen, sich mit Wasser füllen, dann bis zur gewünschten Höhe sich aufwärts bewegen und durch Umkippen sich entleeren, wobei passend angebrachte Kanäle oder Röhren das Wasser auffangen und fortleiten. Zur erforderlichen Hebung dieser Gefässe dienen entweder Räder, welche sich um horizontale Achsen drehen und die Fördergefässe an dem Kranz tragen, oder endlose Ketten, welche in vertikaler oder geneigter Lage um zwei Kettenräder gespannt sich durch Drehung dieser Kettenräder bewegen, und auf der nach aussen gekehrten Seite mit den zum Schöpfen dienenden Gefässen ausgestattet sind, wonach man Schöpfräder und Eimer- oder Kastenwerke unterscheidet. An dieselben schliessen sich noch Schöpfwerke an, bei welchen das Wasser durch Scheiben gehoben wird, die sich in einem in das Wasser eintretenden Rohr aufwärts bewegen und den Namen Scheibenwerke (Scheibenkunst) führen, sowie jene Vorrichtungen, die auf der Anwendung der Archimedischen Spirale beruhen und als Wasserschnecken bekannt sind.

A. Schöpfräder.

Die in den Schöpfrädern zur Anwendung kommenden Gefässe sind entweder feste oder bewegliche Eimer, oder Zellen. Die Anordnung eines Schaufelrades mit festen Eimern geht aus Figur 731 hervor. An einer Kranzseite des frei im Strom hängenden Rades R sind besondere stumpfkegelförmige Eimer EE befestigt, welche sich bei der Drehung des Rades in der Pfeilrichtung durch Eintauchen in das Wasser W mit Wasser füllen und an dem Radscheitel in Kanäle K entleeren.

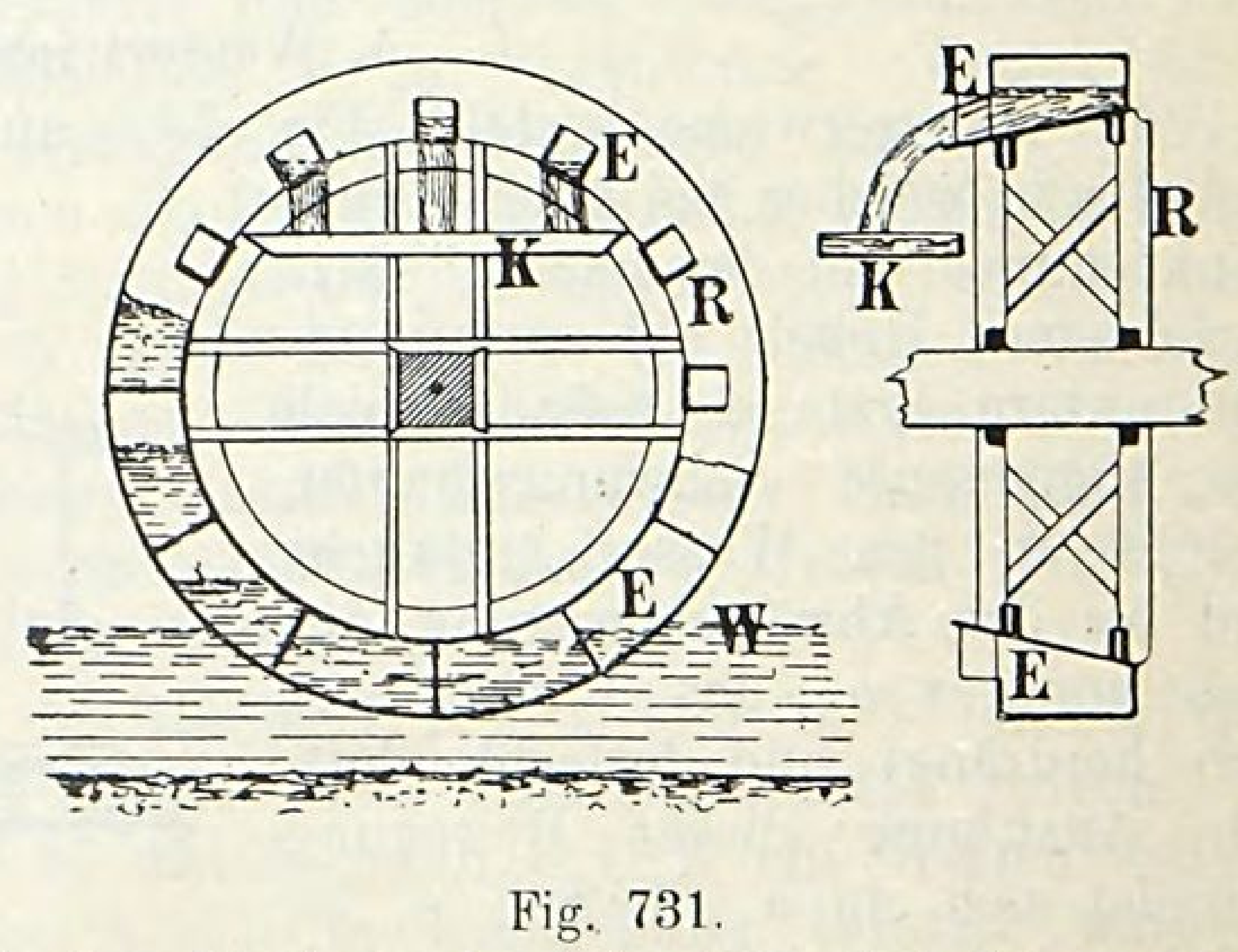


Fig. 731.

Zum Zwecke der Umdrehung ist das Rad nach Art eines frei hängenden

Wasserrades Seite 656 Figur 546 geschaufelt. Die Schöpfräder mit Zellen werden in der Regel auf folgende Weise angeordnet: Nach erster Anordnung ist ein Rad mit einer Schaufelung nach Art der rückenschlächtigen Wasserräder Seite 663, aber ohne Überdeckung versehen, das sich umgekehrt dreht, mit den Zellen ins Wasser eintaucht und die gefüllten Zellen durch die Ventilationsschlitze nach innen entleert. Sitzen die Zellen seitwärts, so müssen auch die Radarme seitwärts sitzen, um den Ausgusskanal einbringen zu können. Mitunter erhält dieses Rad an beiden Kranzseiten Zellen, dann das Armsystem in der Mitte und zwei Ausgusskanäle, die die beiden Kranzseiten umfassen und ausserhalb des Rades sich zu einem Kanal vereinigen. Der Antrieb dieser Räder geht gewöhnlich von einem besonderen Wasserrade aus.

Nach der zweiten Bauart werden unterschlächtige Räder mit zwei seitwärts angebrachten Systemen von Schöpfzellen versehen, so dass Triebrad und Schöpfrad ein Ganzes bilden.

Eine besondere Gestalt der Zellen entsteht durch Spiralgänge s, Fig. 732, welche zwischen zwei kreisrunden Scheiben festsitzen und bei der Drehung des Rades in der Pfeilrichtung das Wasser schöpfen und in einem im Zentrum angebrachten Kanal k ausgiessen. Diese Spiralschöpfräder erhalten in der Regel ihre Umdrehung durch ein Zahnradgetriebe.

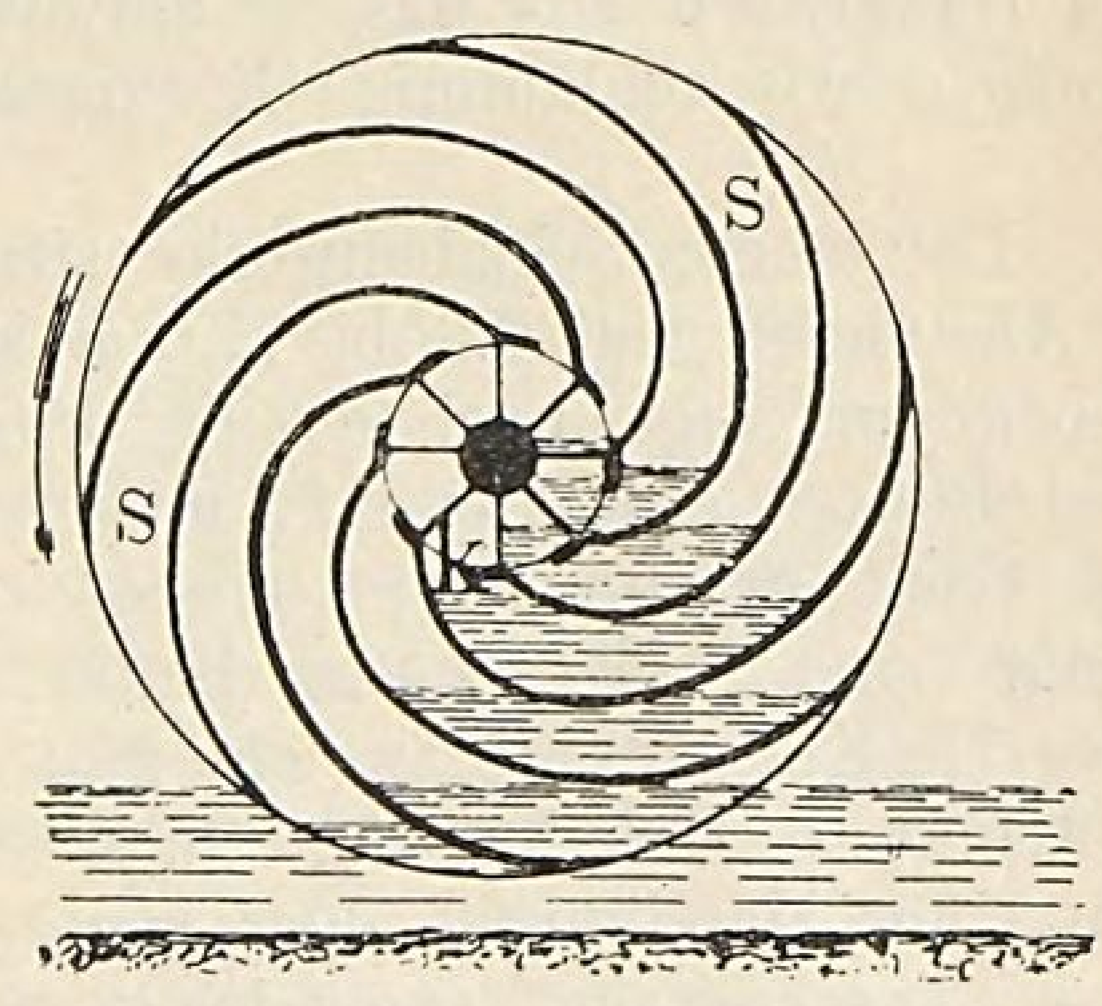


Fig 732

B. Scheibenwerke.

Die Scheibenwerke bestehen der Hauptsache nach aus Scheiben oder Schaufeln, welche auf endlosen Ketten in der Weise rechtwinklig zu der Kettenachse befestigt sind, dass sie infolge der Kettenbewegung und indem sie sich in Kanälen oder Röhren fortbewegen, das Wasser vor sich her schieben.

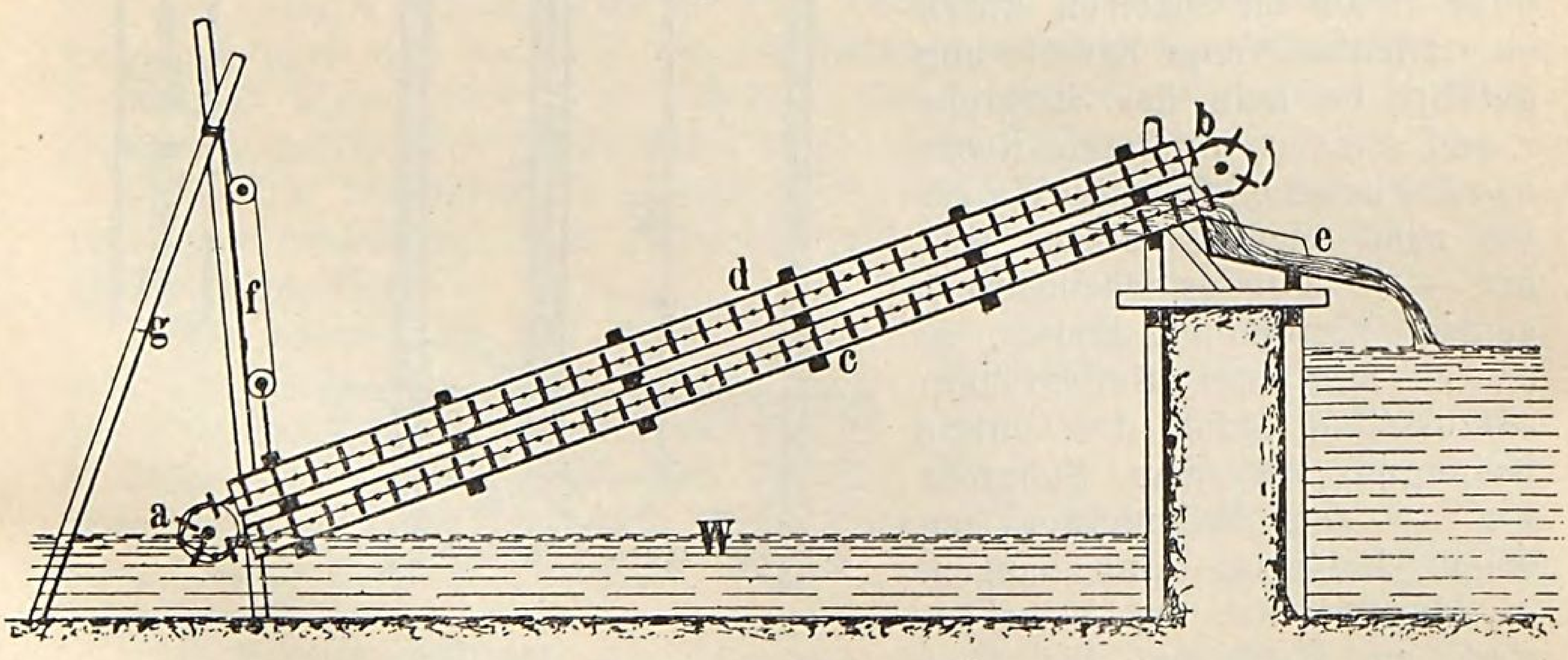


Fig. 733.

Bilden die Scheiben viereckige Platten, welche an einer Doppelkette sitzen, so nennt man die Vorrichtung ein Schaufelwerk. Sind die Scheiben

jedoch kreisrund kolbenartig und mit der Mitte zwischen die Kettenglieder gehängt, so heisst die Hebevorrichtung Scheibenwerk, Scheibenkunst oder Kettenpumpe.

Ein Schaufelwerk einfachster Art zeigt Fig. 733. Ein Kettenpaar, welches zwischen den beiden Kettenräderpaaren a und b gespannt ist, nimmt in Abständen von 15 bis 20 *cm* viereckige Holzplatten auf, die mitten zwischen den Gelenken der Ketten befestigt werden. Die Scheiben bewegen sich durch den geschlossenen Kanal c (Steigrinne) und durch den Führungskanal d (Laufrinne), und zwar durch Handkurbel oder Transmission von b aus angetrieben. Die Steigrinne taucht am Ende a in das Wasser W ein und mündet mit dem Ende b über einen Ablaufkanal e, durch den die Flüssigkeit dem Bestimmungsorte zuläuft. Um dem Steigen und Fallen des Wassers W folgen zu können, ist das Ende a des Rinnenkörpers an einem einfachen Rollenzug f aufgehängt, der sich an einem Dreifuss g befindet, und die ganze Vorrichtung in die passende Neigung zu bringen gestattet. Vorstehendes Schaufelwerk ist transportabel und hauptsächlich dazu bestimmt, aus Baugruben etc. das Grundwasser durch Hebung auf 2 bis 3 *m* zu entfernen, sowie schlammige Erdmassen zu heben. (Moddermühle.)

Bei einem Scheibenwerke sitzen (Fig. 734) auf einer endlosen Kette k in Abständen von 0,8 bis 1,0 *m* kreisrunde Lederscheiben s, welche, wie die Nebenfigur zeigt, nach Art der Pumpenkolben (Fig. 184, IV, S. 125) zwischen zwei Platten eingeklemmt, mittels Ösen in die Kette eingehängt sind. Die Kette läuft über ein Kettenrad b, welche an 6 Armen 6 Gabeln trägt und, von einer Handkurbel oder von einer Transmission angetrieben, die Kette durch Erfassen mittels der Gabeln in der Pfeilrichtung bewegt. Infolge dieser Bewegung treten die Scheiben, durch eine trichterförmige Erweiterung geführt, bei a in das Steigrohr r und schieben in diesem Rohre das frei unten eintretende Wasser bis zum Ausfluss c vor scih her. — Soll dieses Scheibenwerk geneigt Verwendung finden, so ist es mit zwei Kettenrädern auszustatten, und das untere Kettenrad mit dem Steigrohr wie bei dem Schaufelwerk an einem Rollenzug aufzuhängen. — Man benutzt das Scheibenwerk zu Hubhöhen bis 3 *m*, giebt den Scheiben 12 bis 15 *cm* Durchmesser und eine Geschwindigkeit von 0,9 bis 1,2 *m*.

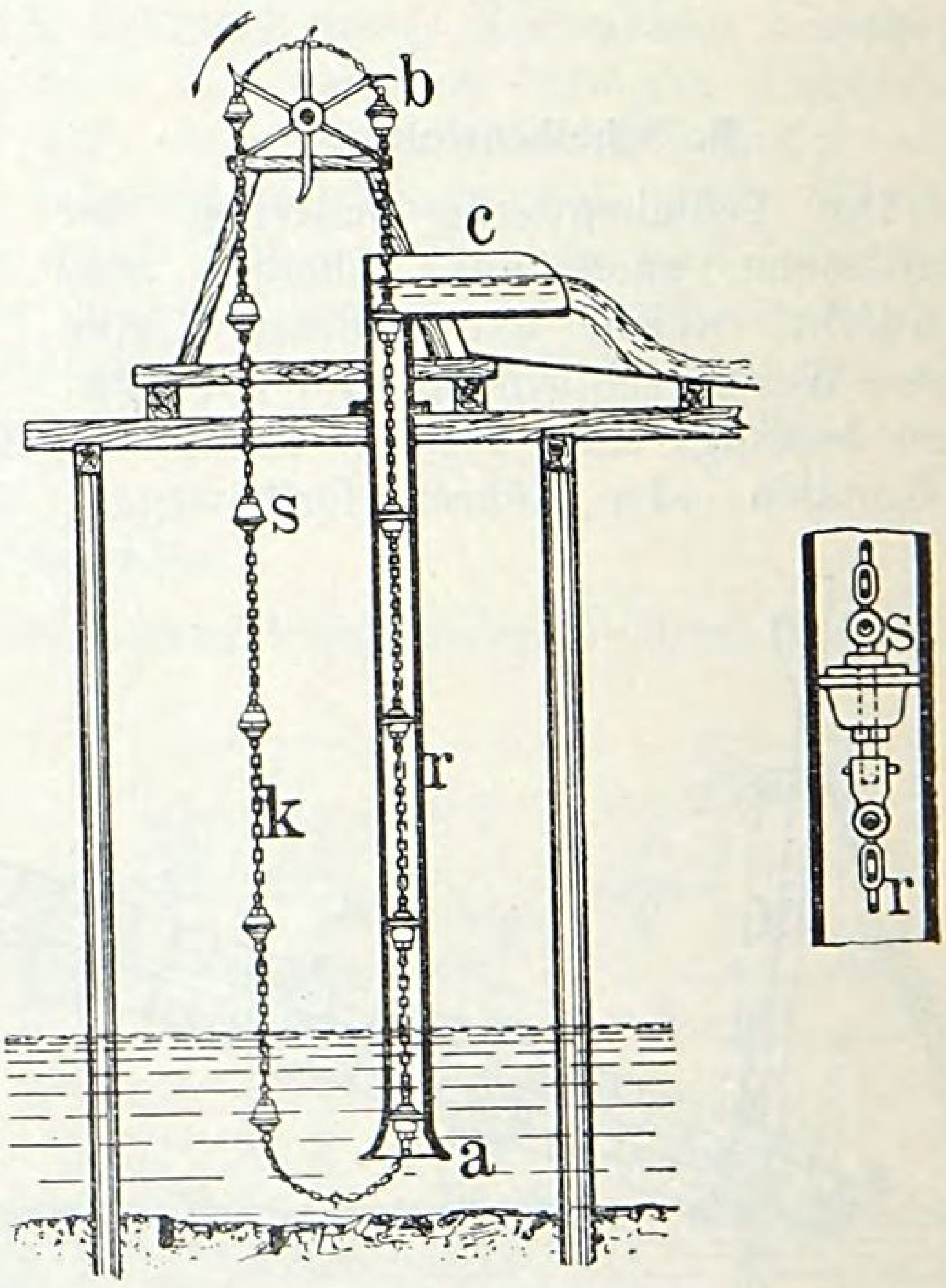


Fig. 734.

C. Wasserschnecken.

Die Wasserschnecken werden gewöhnlich in der durch Fig. 735 vergegenwärtigten Anordnung ausgeführt. Eine Achse a b ist der ganzen Länge nach mit Schraubenflächen c c versehen, welche von einem tonnenartigen

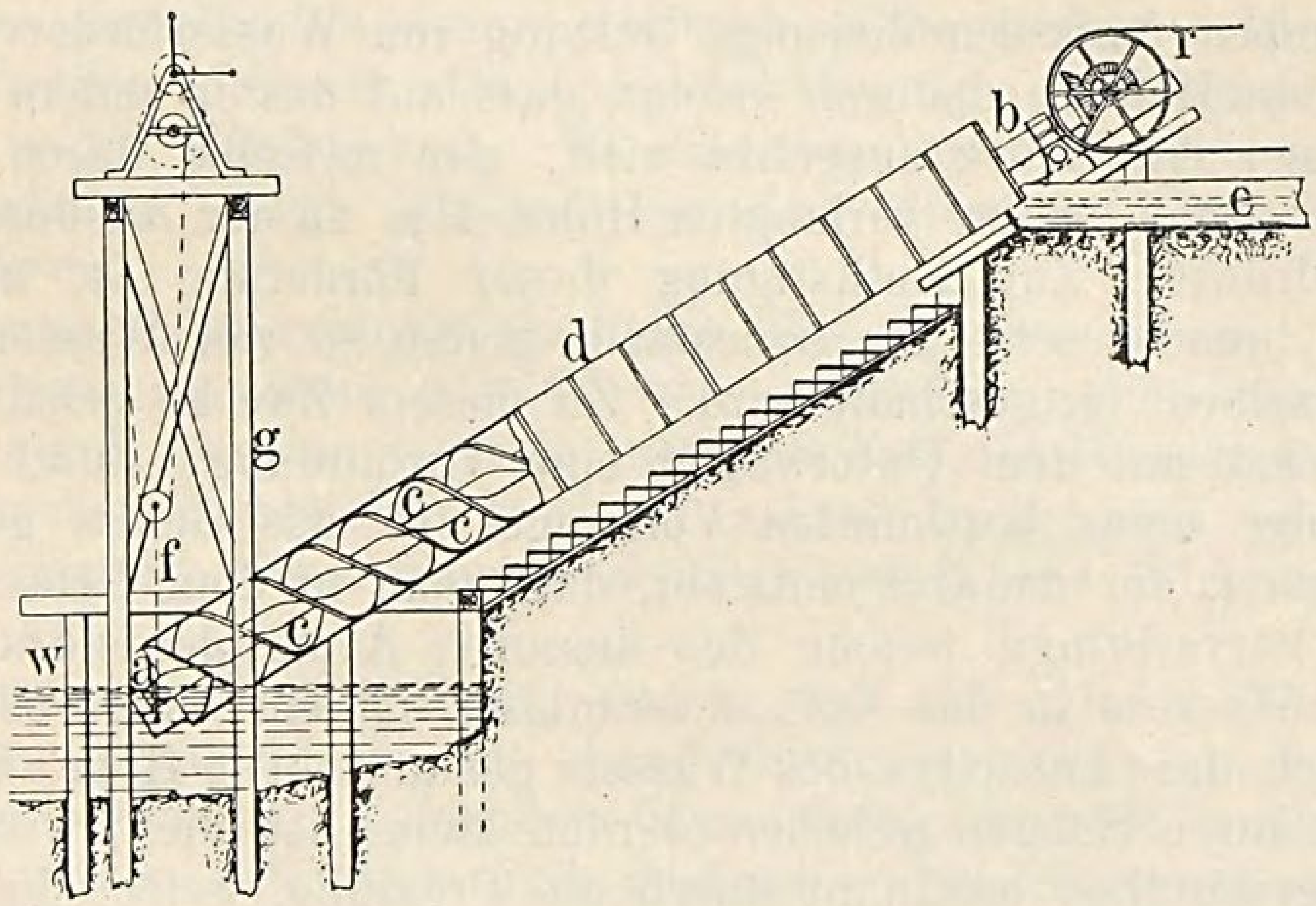


Fig. 735.

mit den Schraubenflächen fest verbundenen Mantel d umgeben sind, der dieser Fördervorrichtung den Namen Tonnenmühle gegeben hat. Das obere Ende b der Achse ist in einem kippbaren Lager, das untere Ende a in einem Klotz gelagert, der an einem Rollenzug f hängt, welcher in dem Gestelle g angebracht und dazu bestimmt ist, die Schnecke nach dem Stande des Wassers w höher oder tiefer zu stellen, so dass dieselbe stets in das Wasser eintaucht. Das obere Ende b erhält die Antriebsvorrichtung, die entweder in einer gewöhnlichen Drehkurbel oder in einem Räderwerke besteht, welches von einem Transmissionsriemen Bewegung empfängt. Infolge der Drehung trennt die Schraubenfläche das unten frei eintretende Wasser von der übrigen Wassermasse ab und verhindert es am Zurückfliessen, so dass sich nach und nach die unteren Räume zwischen den Windungen, wie Zellen mit Wasser füllen, bis letzteres nach einer der Anzahl von Windungen entsprechenden Umdrehzahl in die Ablaufrinne e fliesst.

Nur die kleineren Wasserschnecken werden eingängig, die grösseren zwei- oder dreigängig, d. h. mit zwei oder drei gleichlaufenden Schraubenflächen ausgeführt.

Eine Abweichung von dieser Form bildet die sog. Wasserschraube oder holländische Wasserschraube. Die Schraubenflächen sind hierbei nicht mit einem mitdrehenden Mantel umgeben, sondern bewegen sich in einem festen halbcylindrischen Gerinne (Kumme), längs welchem das Wasser in die Höhe geschoben wird. Eine dritte Form, die in einem nach einer Schraubenlinie gebogenen Rohre besteht, kommt nicht mehr zur Verwendung.

Die Wasserschnecken oder -Schrauben werden vielfach aus Holz mitunter aus Eisen, die dazu gehörenden Kummen aus Holz, Eisen, Stein oder Beton hergestellt Sie erhalten in der Regel eine Spindellänge von 2 bis 10 *m*,

einen Durchmesser von 0,5 bis 1,5 *m* und eine unter 30 bis 35 ^{0} geneigte Lage, so dass eine Hebung des Wassers gewöhnlich auf etwa 5 *m* beschränkt bleibt.

III. Pumpen.

Die Pumpen umfassen diejenige Gattung von Wasserfördervorrichtungen, bei welchen die Hebung dadurch erfolgt, dass auf das in einem Gefässe enthaltene Wasser ein Druck ausgeübt wird, der dasselbe durch ein passend eingerichtetes Rohr zu der verlangten Höhe, also zu der Ausflusstelle emporhebt oder drückt. Zur Bethätigung dieser Förderung ist also zunächst erforderlich, unausgesetzt der Druckstelle genau so viel Wasser zuzuführen, als von derselben fortgeschafft wird. Zu diesem Zwecke erhält das Druckgefäss zunächst mit dem Unterwasser eine Verbindung, durch welche das Wasser infolge eines bestimmten Vorganges in das Gefäss gebracht wird. Dieser Vorgang, der dadurch entsteht, dass man in dem Gefässe eine Luftverdünnung hervorbringt, welche den äusseren Atmosphärendruck zum Einpressen des Wassers in das Gefäss veranlasst, ist ein Saugprozess und wird demnach auch das Ansaugen des Wassers genannt. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser durch Saugen gehoben werden kann, ist die Saughöhe und wird selbstverständlich bestimmt durch die Pressung, welche die Atmosphäre auf das Wasser ausübt. Theoretisch beträgt dieselbe (Seite 152) 10,3 *m*. Diese Höhe lässt sich indessen niemals erreichen, da sie 1) eine vollständige Luftleere des Gefässes und 2) eine Abwesenheit aller Widerstände zur Voraussetzung hat. Da die erstere schon deshalb nicht erreicht werden kann, weil das Wasser stets Luft mitführt und auch die Widerstände der Reibung u. s. w. nicht ganz aufzuheben sind, so ist in Wirklichkeit die Saughöhe um ein beträchtliches gegen 10,3 *m* zurück, weshalb die Lage der Pumpe niemals mehr als 3—4 *m* über dem Unterwasserspiegel angeordnet werden soll. Hieraus geht zugleich hervor, weshalb in allen Fällen, in welchen eine über die Saughöhe steigende Förderhöhe verlangt wird, sich an dieses Ansaugen noch ein Fortdrücken anzuschliessen hat, welches die verlangte Erhebung bewirkt. Diese von dem Gefässe aus zu bemessende Höhe wird Hubhöhe, Druckhöhe oder Steighöhe genannt, so dass die Gesamtförderhöhe aus Saug- und Steighöhe zusammengesetzt wird, und die Arbeit in Saug- und Druckperiode zerfällt. Die Gesamtlänge der Leitung zwischen der Entnahmestelle im Unterwasser bis zum Ausguss bezeichnet man als Förderlänge.

In jeder Pumpenanlage ist demnach zu unterscheiden eine Saugleitung, die Pumpe selbst und die Steigleitung.

Als Mittel zur Hervorbringung der Pressung auf das Wasser dient entweder ein fester Körper oder Druckwasser oder eine gespannte Flüssigkeit. Als feste Körper kommen nur Kolben in Betracht und zwar in den verschiedensten Anordnungen, Scheibenkolben und Plungerkolben mit Hin- und Herbewegung und als Flügelkolben mit Drehbewegung in verschiedenen Ausführungen.

Die zum Wasserheben benutzten gespannten Flüssigkeiten sind Wasserdampf, Druckluft oder Gase.

Der Wasserdampf kommt dabei entweder in der Weise zur Wirkung, dass er während der Steigperiode durch seine Spannung das Wasser hebt

und während der Saugperiode durch Kondensation einen luftverdünnten Raum erzeugt, in den das Wasser eintritt. Diese Pumpe pflegt man Dampfsaug- und Druckpumpe oder Pulsometer zu nennen. Oder der Dampf tritt in der Form eines Strahles in das Pumpengefäss und hebt das Wasser vermöge seiner lebendigen Kraft, nicht nur durch Saugen an, sondern treibt dasselbe zu einer gewissen Höhe hinauf. Diese Wasserfördervorrichtungen heissen Dampfstrahlpumpen, Dampfstrahler, Injektoren oder Ejektoren. Da dieselben hauptsächlich zum Speisen der Dampfkessel u. dergl. dienen, so sind dieselben schon genügend Seite 350 erörtert.

Die Benutzung gespannter Gase zur Hebung von Wasser beschränkt sich darauf, dass in einem mit Wasser gefüllten, geschlossenen Gefässe Kohlensäure zur Expansion gelangt, infolgedessen das Wasser unter diesem Expansionsdrucke ausgetrieben wird (Gasdruckpumpen oder Extingteure). In solcher Weise kommt auch Pressluft zur Wirkung (Druckluftpumpen).

Druckwasser wird verwendet, indem das aus einer Leitung ausströmende Wasser sein durch die Ausströmungsgeschwindigkeit bedingtes Arbeitsvermögen einer zu liefernden Wassermenge mitteilt, wodurch dieses die lebendige Kraft aufnimmt und geeignet wird, Widerstände zu überwinden; diese Pumpen kommen als Wasserstrahlpumpen, und in besonderer Ausführung als sogenannter Stossheber oder hydraulischer Widder zur Verwendung.

Demnach zerfallen die Pumpen in

1. Kolbenpumpen.
2. Dampfsaug- und Druckpumpen.
3. Gasdruckpumpen und Luftdruckpumpen.

1. Kolbenpumpen.

Die Kolbenpumpen wirken in der Weise, dass ein in ein Gefäss eingeschlossener Kolben infolge einer Bewegung in diesem Gefässe einen Raum frei macht, in den das Wasser eintritt, und darauf das Wasser durch Verdrängen aus diesem Raum fortschafft.

Indem die Bewegung des Kolbens hierbei eine hin- und hergehende, schwingende oder ununterbrochen drehende sein kann, unterscheidet man:

1) Pumpen mit hin- und hergehenden Kolben.
2) Pumpen mit schwingenden Kolben.
3) Pumpen mit drehenden Kolben.

1) Pumpen mit hin- und hergehenden Kolben.

Bei den Pumpen mit hin- und hergehenden Kolben verwendet man sowohl Scheiben- als Taucherkolben (S. 123), die gehörig abgedichtet, in einem Cylinder (Pumpenstiefel oder Pumpencylinder) durch verschiedene Antriebsvorrichtungen hin- und hergeschoben werden. Indem (Fig. 736) bei einer Bewegungsrichtung in dem Raum C hinter dem Kolben k eine Luftverdünnung eintritt, erfolgt das Füllen dieses Raums durch Saugen; die entgegengesetzte Bewegung des Kolbens hat ein Verdrängen des Wassers aus diesem Raum zur Folge. Damit bei diesem Verdrängen das Wasser auf dem Wege durch das Saugrohr A nicht zurückfliessen kann, muss während des Verdrängens ein Verschliessen des letzteren durch ein Ventil a

stattfinden, welches deshalb Saugventil (Einlassventil, Admissionsventil) heisst.

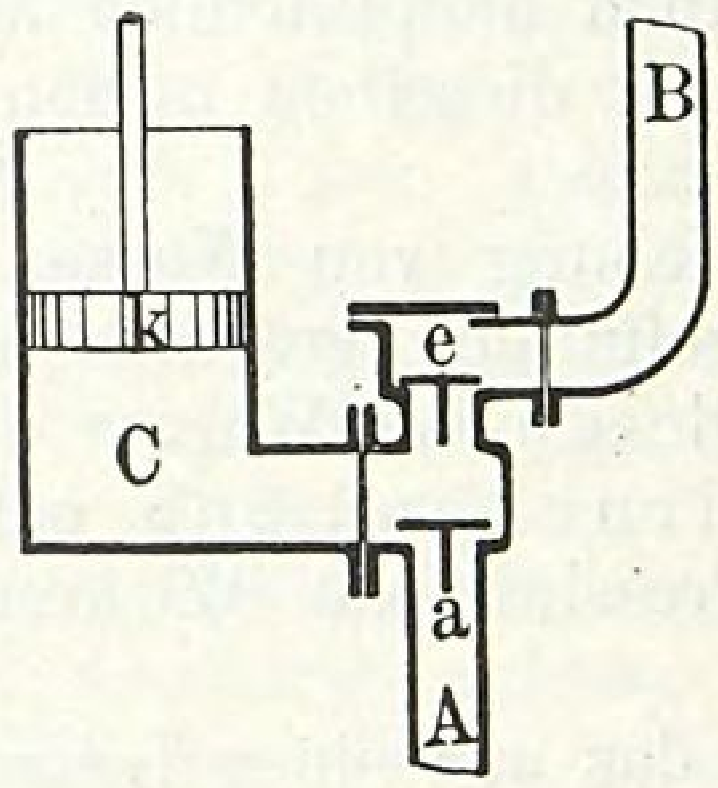


Fig. 736.

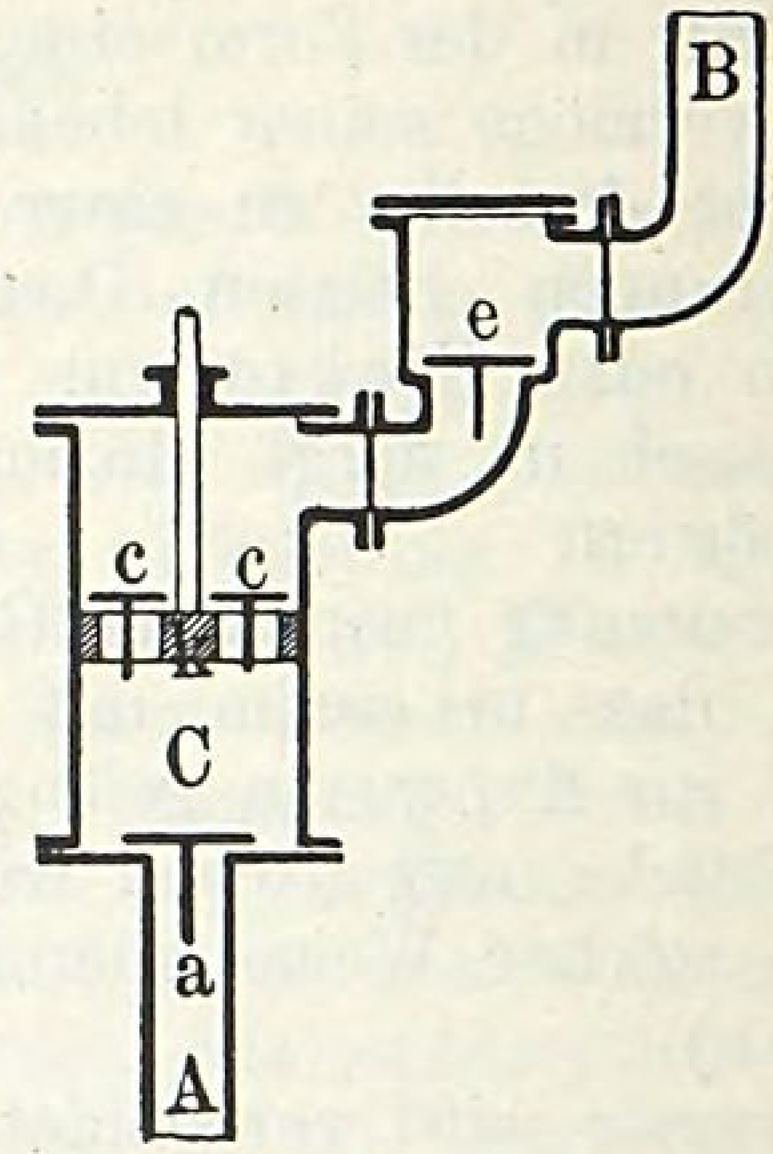


Fig. 737.

Das verdrängte Wasser nimmt dabei den Weg zum Steigrohr entweder direkt von dem Cylinder (Fig. 736) oder erst (Fig. 737) durch den Kolben und den anderen Teil des Cylinders.

Im ersten Fall ist der Kolben ein geschlossener und die Wirkung in der Weise verteilt, dass erst und zwar von ein und derselben Kolbenseite die Saugthätigkeit und darauf die Druckthätigkeit ausgeübt wird. Weil hierbei der Kolben das Wasser ansaugt und wegdrückt, so nennt man diese Pumpe mit dem geschlossenen Kolben auch wohl Saug- und Druckpumpe.

Damit das durch Druck gehobene Wasser während der Saugperiode nicht zurückfliesst, ist das Steigrohr (Druckrohr) B ebenfalls durch ein Ventil (Druckventil, Auslassventil, Emissionsventil) e zu schliessen, so dass dieses System mit einem Saug- und Druckventil ausgestattet werden muss.

Im zweiten Fall tritt das Wasser durch den Kolben in den oberen Cylinderraum, also auf die andere Seite des Kolbens; deshalb ist der letztere durchbrochen und die Wirkung in der Weise verteilt, dass bei einer Richtung das angesaugte Wasser auf die andere Seite des Kolbens tritt, bei der entgegengesetzten Richtung die untere Fläche des letzteren die Ansaugung, und die obere Fläche die Fortschaffung des durchgetretenen Wassers bewirkt, was natürlich Verschlussorgane c c im Kolben zur Voraussetzung hat, welche die im Kolben vorhandenen Durchbrechungen zuerst öffnen und dann schliessen. Uneigentlich nennt man diese Pumpen auch wohl Saug- und Hub-Pumpen.

Da bei denselben das Wasser von der unteren Kolbenseite weggedrückt wird, so muss naturgemäss auch das Saugrohr A mit einem Verschlussorgan a versehen sein, das die gehobene Saug-Wassersäule während des Kolbenrückganges trägt und von dem Wasser im Cylinder wie ein Saugventil abschliesst. Für grössere Hubhöhen ist noch die Anbringung von Entlastungsventilen e (Fig. 737) üblich.

Da bei diesen beiden Ausführungen stets nur in einer Bewegungs-

richtung der Kolben ein Fortschaffen des Wassers stattfindet, so heissen die in dieser Weise wirksamen Pumpen einfach wirkende.

Verbindet man (Fig. 738) nicht nur den unteren Raum U, sondern auch den oberen Raum O des Cylinders C mit einem Saugrohre A und einem Druckrohre B, so vollzieht sich sowohl die Saug- als Druckwirkung an jeder Kolbenseite, so dass bei jeder Kolbenbewegungsrichtung eine Wasserförderung stattfindet. Eine solche Vereinigung bildet die sogenannte „doppelt wirkende Pumpe".

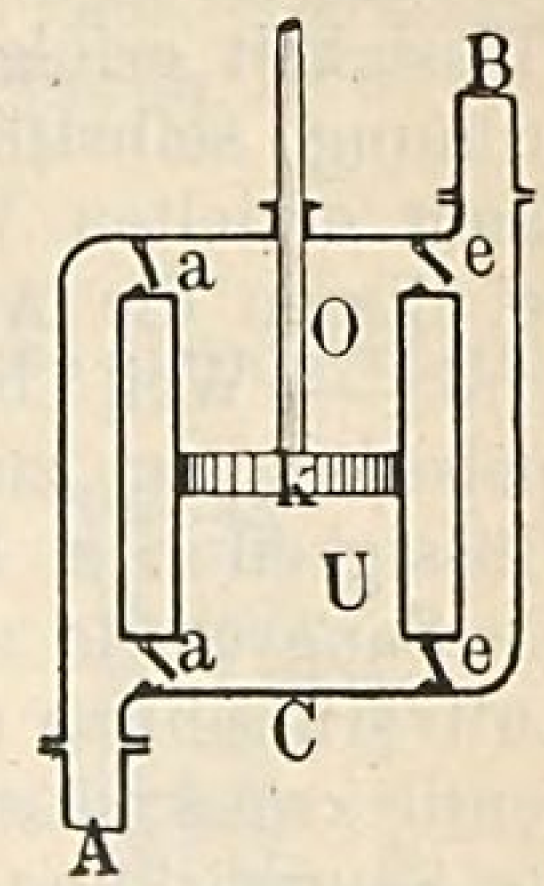


Fig. 738.

Nebst den erwähnten gewöhnlichen und gebräuchlichsten Anordnungen kommen noch verschiedene andere aber wenig gebräuchliche vor, unter welchen folgende bemerkenswert erscheinen:

Pumpen mit 2 Kolben in einem Cylinder,
Pumpen mit 2 Cylinder und 2 Kolben,
Pumpen mit mehreren Kolben in einem Cylinder.

Es liegt in der Natur der Pumpen, dass die Lage des Pumpencylinders eine beliebige, also sowohl eine vertikale als horizontale und geneigte sein kann, ohne an der inneren Einrichtung wesentliche Änderungen vornehmen zu müssen. Darnach unterscheidet man: Liegende und stehende Pumpen.

Um bei jedesmaliger Ingebrauchsetzung der Pumpen nicht nötig zu haben, die ganze Saugwassersäule zu heben, bringt man vielfach und zweckmässig an der unteren Stelle des Saugrohres noch ein Ventil an, welches die Saugwassersäule abschliesst und den Namen „Fussventil" führt. Zum Zurückhalten von Verunreinigungen schliesst man unter dem Fussventil das Saugrohr mit einem sogenannten Saugkopf oder Saugkorb ab. Dieser besteht entweder aus einem Drahtgewebe oder einem Gefässe mit zahlreichen Durchlöcherungen.

Mit Bezug auf das Seite 199 erwähnte ist noch hervorzuheben, dass bei allen grösseren Pumpen die Anbringung von Windkesseln geraten und unter Umständen notwendig ist, wobei man auch Saug- und Druckwindkessel unterscheidet. Beide haben den Zweck, die Gleichmässigkeit der Wasserbewegung derart zu fördern, dass unter Vermeidung von Stössen dem Pumpenkolben eine grössere Geschwindigkeit gegeben werden kann, sowie das Abreissen der angesaugten Wassersäule zu vermeiden. Deswegen ist auch bei sehr langen Leitungen unter Umständen die Anordnung mehrerer Windkessel geboten.

Von besonderer Bedeutung bezüglich eines richtigen Ganges ist die Steuerung oder diejenige Einrichtung, welche die Schliessung und Öffnung der Zu- und Abführungsröhren bethätigt und dem Wesen nach die Wahl und die Bewegung der Steuerorgane umfasst.

Was die Wahl der letzteren anbetrifft, so ist vor allem darauf Bedacht zu nehmen, dass die Verschlussorgane im geöffneten Zustande einen genügend grossen Durchgangsraum frei geben, im geschlossenen Zustande den Durchgang gänzlich verwehren und von möglichster Einfachheit sind. Man kann demnach alle S. 98 etc. dargestellten Verschlussorgane verwenden, beschränkt sich aber, mit wenigen Ausnahmen, hauptsächlich auf Klappen

(S. 99) und Hubventile (S. 101); nur in einzelnen Fällen stehen Schieber in Gebrauch.

Die Bewegung der Ventile ist bei der überaus grössten Zahl der Pumpen selbstthätig, indem sie ausschliesslich von der durchströmenden Flüssigkeit erfolgt. Die S. 109 zusammengestellten Gründe für die Anordnung selbstthätiger Ventile mit gesteuerter Schlussbewegung und die damit erzielten Vorteile gelten insbesondere für grosse Pumpen, weshalb bei diesen die Anbringung dieser mechanischen Steuerung immer häufiger wird. — Weil beim Ansaugen heisser Flüssigkeiten z. B. mittels Kesselspeisepumpen zum Speisen mit heissem Kondensationswasser, oder dicker Flüssigkeiten z. B. des Zuckerdicksaftes, oder aus luftverdünnten Räumen die Saugventile sich erst öffnen, wenn über denselben eine entsprechende Luftverdünnung eingetreten ist, so stattet man bei diesen Pumpen das Saugventil zweckmässig mit einer Steuerung aus, welche das Ventil zu Beginn der Saugwirkung hebt, oder lässt die Flüssigkeit aus einem höher liegenden Behälter zulaufen.

Die zahlreichen Verwendungsformen der Pumpen fordern sowohl in Grösse, als Aufstellung und Betriebsmitteln ausserordentlich mannigfaltige Ausführungen, die man jedoch der Übersicht wegen zweckmässig nach ihren Antriebsmitteln einteilt, und zwar in Handpumpen, Transmissionspumpen, Dampfpumpen und Wassersäulenpumpen.

Als Handpumpen bezeichnet man die Pumpen, wenn die Bewegung des Kolbens mittelbar oder unmittelbar mit der Hand erfolgt. Dabei findet der Kolbenangriff statt durch Krücken (Krückenpumpen), durch Hebel oder Schwengel (Hebelpumpen) oder durch Kurbeln mit Schwungrad (Kurbelpumpen). — Eine besondere von mehreren Menschen in Betrieb gesetzte Doppel-Druckpumpe ist die Feuerspritze.

Zu den Transmissionspumpen gehören alle Pumpen, welche von Kraftmaschinen unmittelbar angetrieben werden.

Die Dampfpumpen charakterisiren sich dadurch, dass sie unmittelbar mit einer Betriebsdampfmaschine verbunden und auf einem gemeinschaftlichen Fundament aufgebaut sind. — Dieselben sind nicht mit Pulsometern (S. 833) zu verwechseln.

Die Wassersäulenpumpen bilden eine eben solche Vereinigung von Pumpen mit Wassersäulenmaschinen (S. 708, Fig. 508 und Fig. 600 S. 709).

Besondere Benennungen erfolgen auf Grund der Bestimmungen: Brunnenpumpen gewöhnlich Handpumpen zum Wasserheben aus Brunnen; Schachtpumpen zum Auspumpen der Schächte; Baupumpen auf Bauplätzen zum Entleeren der Baugruben von Wasser; Fabrikpumpen zur Versorgung der Fabrikräume mit Wasser; Speisepumpen zum Speisen der Dampfkessel; Luft- und Kondensationspumpen (S. 456), Maischpumpen, Schlampepumpen in Brauereien und Brennerien u. s. w.

Findet der Antrieb mittels Elementarkraft statt, so verwendet man dazu Wasserräder, Turbinen, Dampfmaschinen, Windräder, mitunter Gasmotoren und Wassersäulenmaschinen. Solche Anlagen nennt man allgemein Pumpwerke oder wohl auch Wasserkünste. — Dienen diese zur Wasserförderung aus Gruben, so heissen sie Grubenpumpen oder Kunstgezeuge. Zu den Kunstgezeugen gehören auch die sogenannten Radkünste und Wassersäulenkünste, wobei der Antrieb durch Wasserräder oder Wassersäulenmaschinen erfolgt. Mit den Namen Wasser-

haltungsmaschinen werden Pumpwerke bezeichnet, die, in Bergwerken aufgestellt, gewöhnlich mittels Gestänge angetrieben werden und zwar entweder direkt oder indirekt mit Einschaltung eines Balanziers oder Kunstkreuzes. Hierzu zählen ebenfalls die Pumpen in den Wasserversorgungsanlagen, auch wenn sie zu den Dampfpumpen gehören.

a. Handpumpen.

Wie Figur 739 erkennen lässt, besteht eine gewöhnliche Handbrunnenpumpe aus einem Stiefel C mit einem Saugrohre A, die durch Kegel aufeinander gesetzt sind. Das Saugrohr ist unten mit einem Propf p abgeschlossen und mit seitwärts eingebohrten Löchern o zum Eintreten des Wassers versehen. Auf dem Saugrohre liegt bei a das Zulassventil in der Gestalt einer Lederklappe, beschwert mit einem Bleistücke. Der Stiefel wird zweckmässig an der Stelle, an welcher sich der Kolben bewegt mit einem eisernen Rohre gegen Abnutzung geschützt. Der Kolben erhält ebenfalls in Gestalt einer Klappe das Hubventil und wird an einer Stange durch einen Schwengel E auf- und niederbewegt, wodurch das Wasser bei jedem Hube aus dem Auslassrohre R abläuft. Stiefel und Saugrohr bilden in der Regel ausgebohrte Holzstämme, doch kommen diese Pumpen auch aus Bohlen zusammengenagelt von quadratischem Querschnitt vor. Sie dienen ausschliesslich zum Wasserheben auf geringe Höhen.

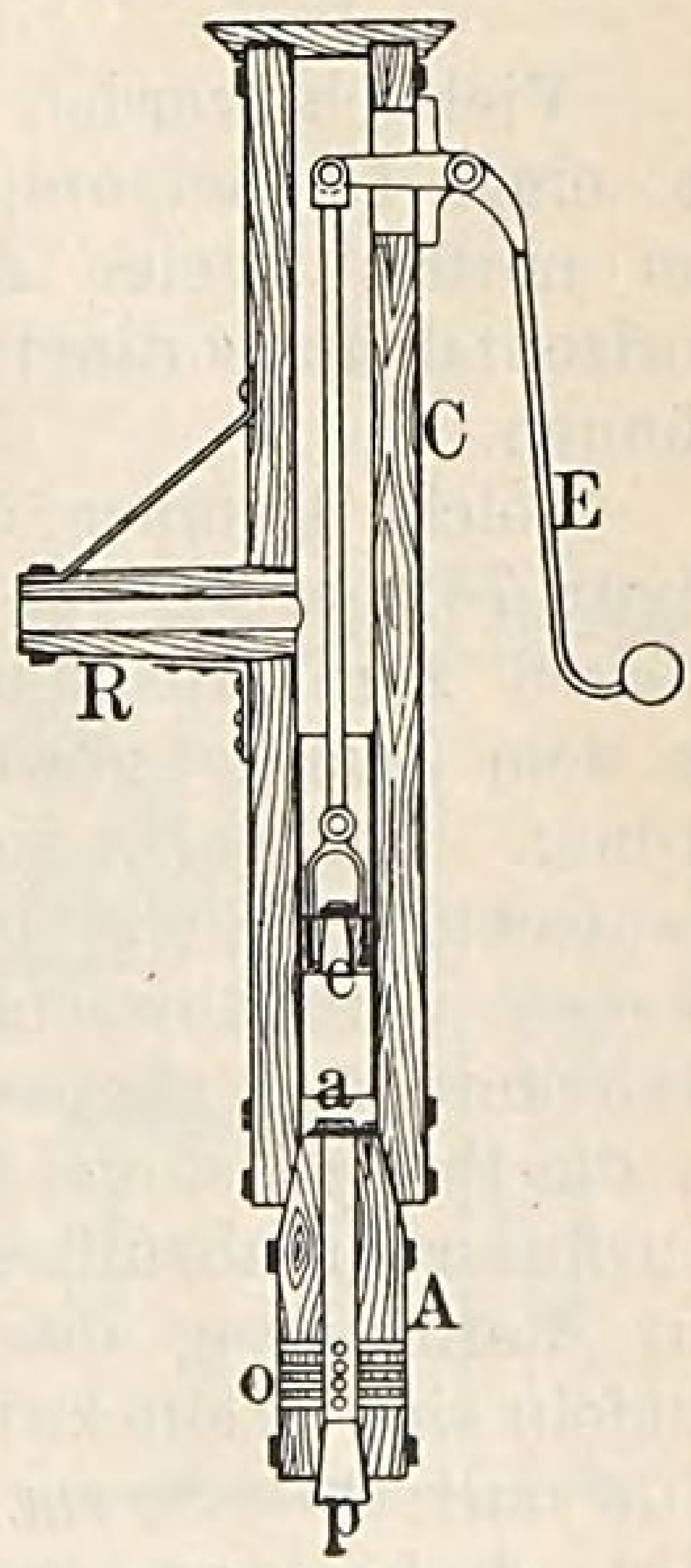


Fig. 739.

Eine aus Eisen hergestellte Saugpumpe mit Kugelventilen zeigt Fig. 740. Dieselbe ist zugleich dadurch transportabel gemacht, dass man sie auf einen vierbeinigen Bock gesetzt hat. Das Saugrohr A wird mittels einer Schraubenmuffe m und eines Zwischenstückes n, das als Ventilsitz dient, an den Stiefel C leicht abnehmbar angeschlossen. In gleicher Weise kann man mit dem Ausflussrohre R einen Schlauch s verbinden. Der Kolben mit dem Hubventile wird ebenfalls durch einen einfachen Schwengel E in Bewegung gesetzt.

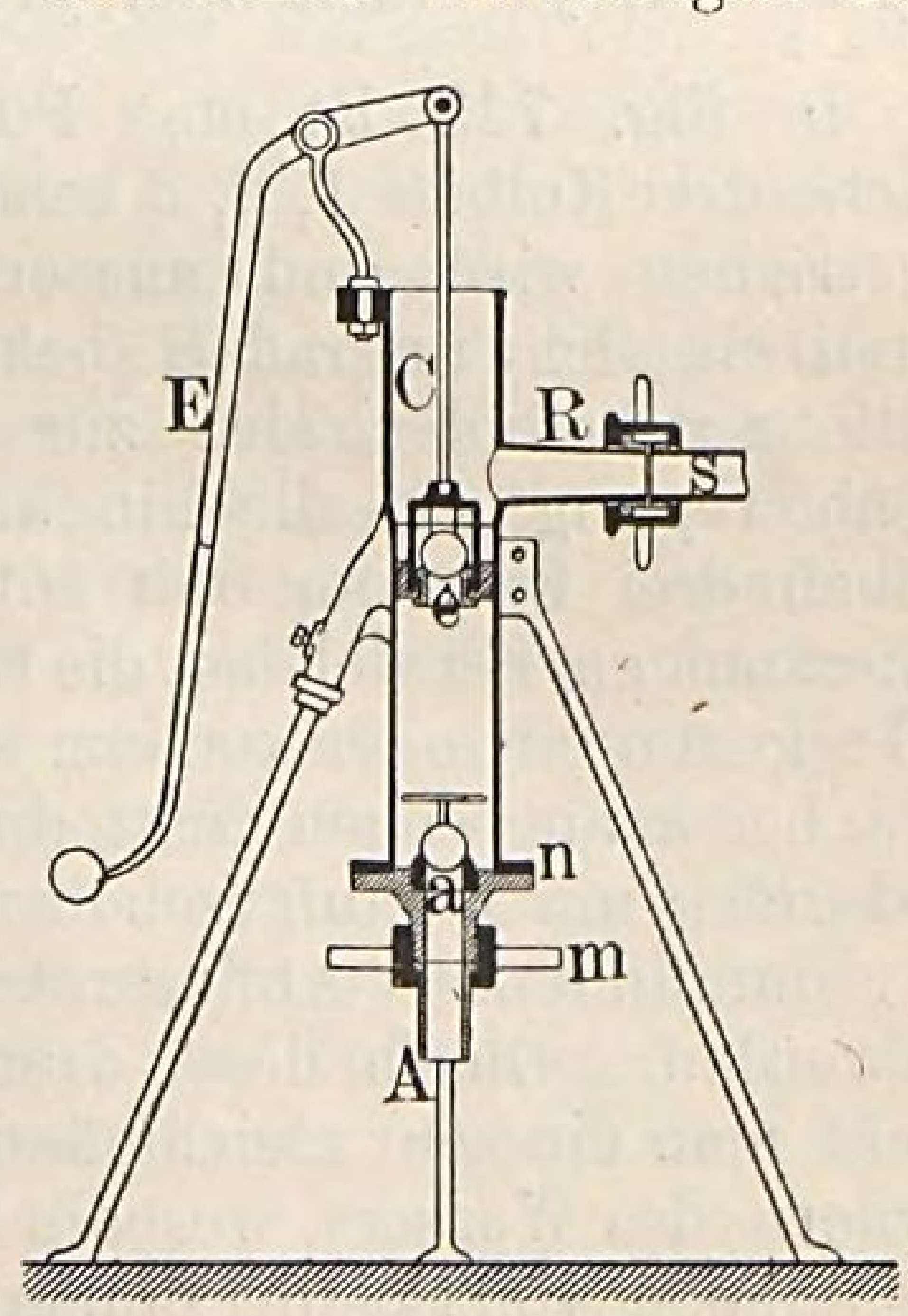


Fig. 740.

In vielen Fällen ist es erwünscht, Wasser dem Erdboden zu entnehmen, ohne einen Brunnenschacht und ähnliche Veranstaltungen zu treffen. In solchen Fällen bedient man sich zweckmässig eines in den Erdboden eingestampften Schmiedeisen- oder Stahlrohres A (Fig. 741), das unten mit einer Stahlspitze s versehen und in den Boden so tief eingerammt wird, bis es an die Wasserstelle kommt, wo dann das Wasser durch zahlreiche in den unteren Teil des Rohres eingebohrte, 3—6 *mm* weite Löcher in

das Saugrohr A eintritt, um durch eine Saugpumpe C gehoben zu werden, deren Einrichtung mit der in Fig. 739 dargestellten Handpumpe übereinstimmt. Hierbei kann das Saugrohr mitunter eine bedeutende Länge erhalten, weil das Wasser vielfach durch Druck hoch in das Rohr hineingetrieben wird. Selbstverständlich kann diese Pumpe auch als Druckpumpe zum Heben von Wasser auf bedeutende Höhen konstruirt werden. Diese Röhrenpumpe (Abessinierpumpe) erhält mitunter statt der Spitze zum Einschlagen eine Schraube zum Einbohren.

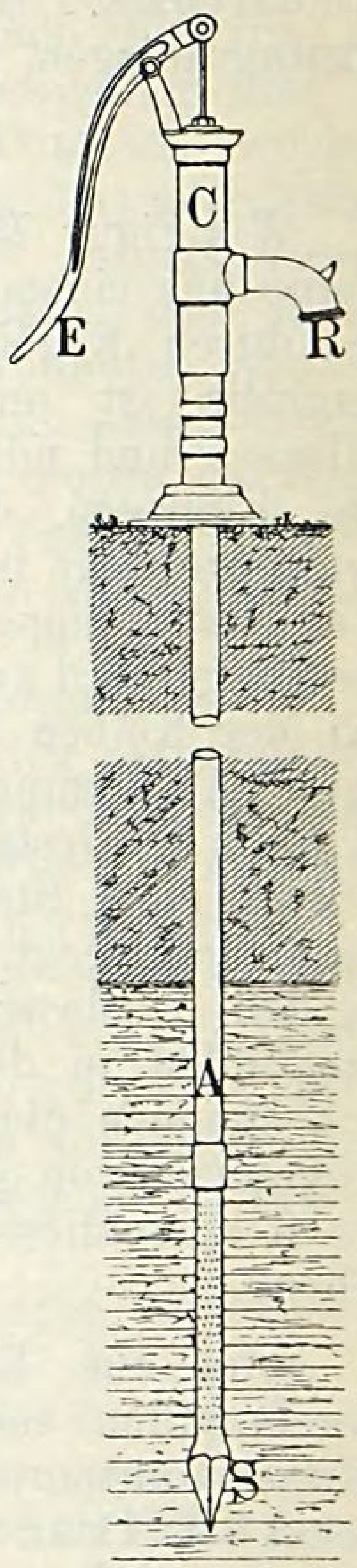


Fig. 741.

Vielfach werden zwei einfache Hebelsaugpumpen zu einer Doppelpumpe oder Zwillingspumpe vereinigt, um mittels zweier Arbeiter an einem doppelarmigen horizontal angeordneten Schwengel betrieben werden zu können.

Solche Pumpen, deren allgemeine Anordnung durch Figur 742 erläutert ist, sind sehr wertvoll auf Bauplätzen zum Auspumpen von Grundwasser etc. und zu dem Zwecke gewöhnlich fahrbar auf Rädern angeordnet. Das bei A sichtbare Saugrohr wird durch einen Kautschukschlauch bis zur Grube verlängert. Das Wasser wird abwechselnd von den beiden Kolben mit Hubventilen e angesaugt, tritt durch die Kolbenventile in die Pumpenstiefel C, um bei R durch ein kanalartiges Ausflussrohr abzufliessen. Ein Windkessel bei W dient zur Vermeidung der Stösse. Man giebt den Pumpenstiefeln eine Weite zwischen 13—26 *cm* und bemisst den Hub auf 20—30 *cm*. Der Schwengel E ruht in der Mitte drehbar um einen Zapfen auf dem Gestelle G und trägt an beiden Enden H H durchgesteckte Stäbe zum Angriffe für je einen oder je zwei Arbeiter.

In Fig. 743 ist eine Pumpe vor Augen geführt, welche drei Kolben 1, 2, 3 besitzt, von Handkurbeln H H angetrieben wird und ausserdem für Ausgleichungen der Unregelmässigkeiten ein Schwungrad S bekommt. Auf der Welle x x befinden sich zur Übertragung der Drehbewegung auf die hin und her gehenden Kolben drei Exzenter mit entsprechenden Exzenterstangen, bei welchen die Exzentrizitäten um 120 ° gegen einander versetzt sind. Das Wasser wird bei a angesogen, tritt durch die 3 Kolben hindurch, um hinaufgeschoben und aus dem bei r einmündenden Abflussrohre herausgedrückt zu werden. Durch diese dreifache Pumpe erreicht man ein sehr gleichmässiges und schnelles Fördern des Wassers, weshalb dieselbe sich zum Auspumpen von Schiffsräumen und dergleichen besonders eignen dürfte. Man giebt dem Kolben einen Durchmesser von 14—23 *cm* und einen Hub von 11—14 *cm*.

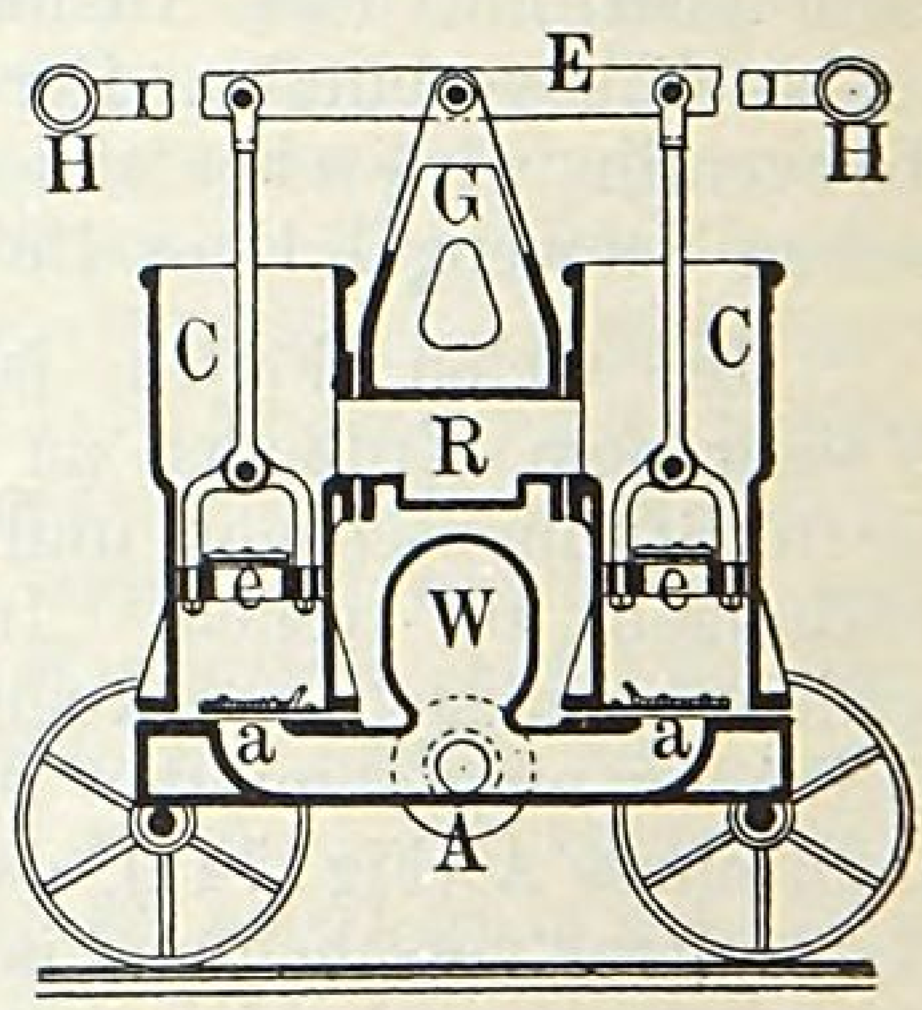


Fig. 742.

Zur Speisung von hydraulischen Pressen, sowie zur Anstellung von Druckproben an Dampfkesseln und dergleichen steht allgemein die in Fig. 741 skizzirte Handdruckpumpe in Verwendung. Die Pumpe befindet

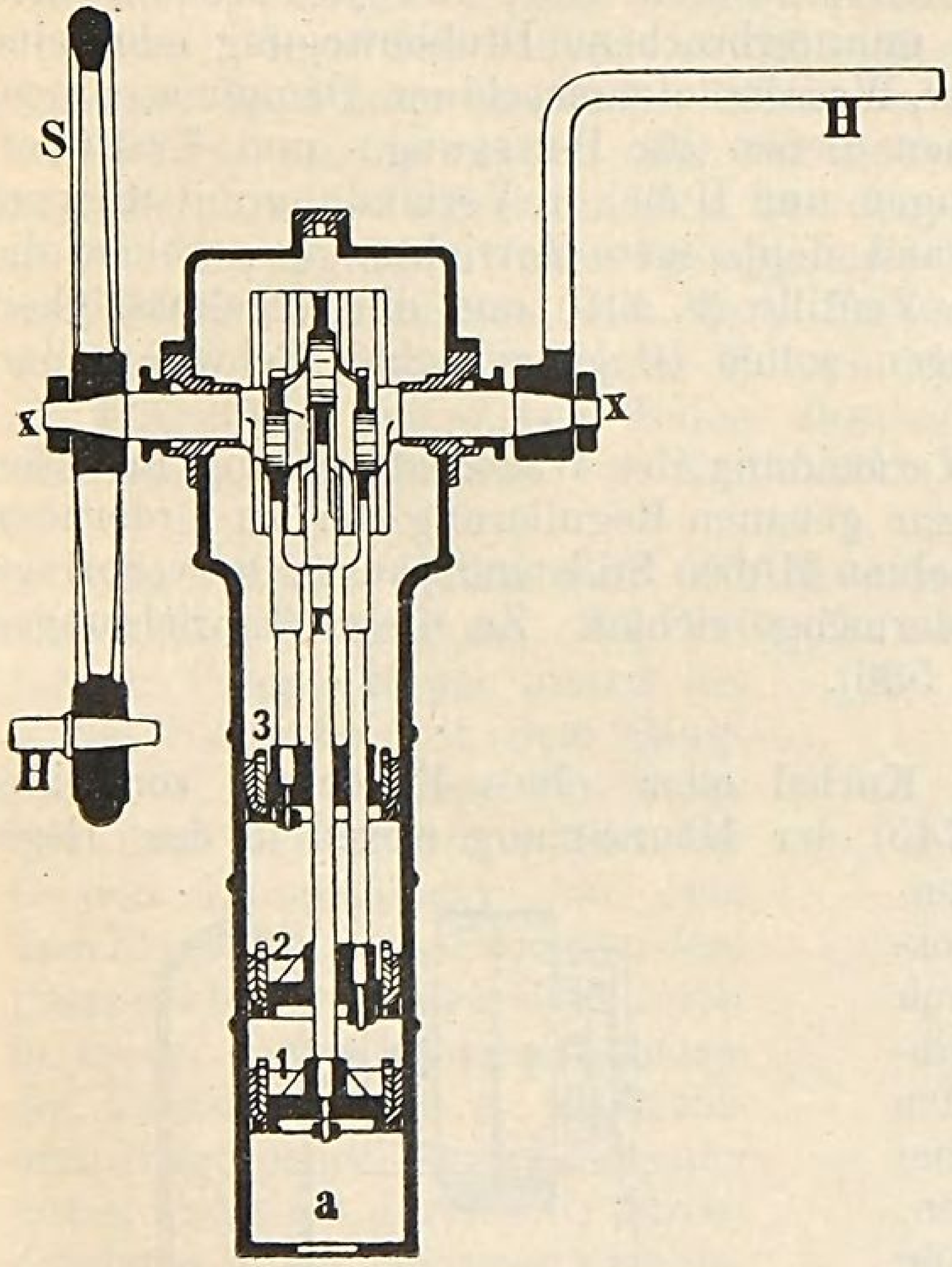


Fig. 743.

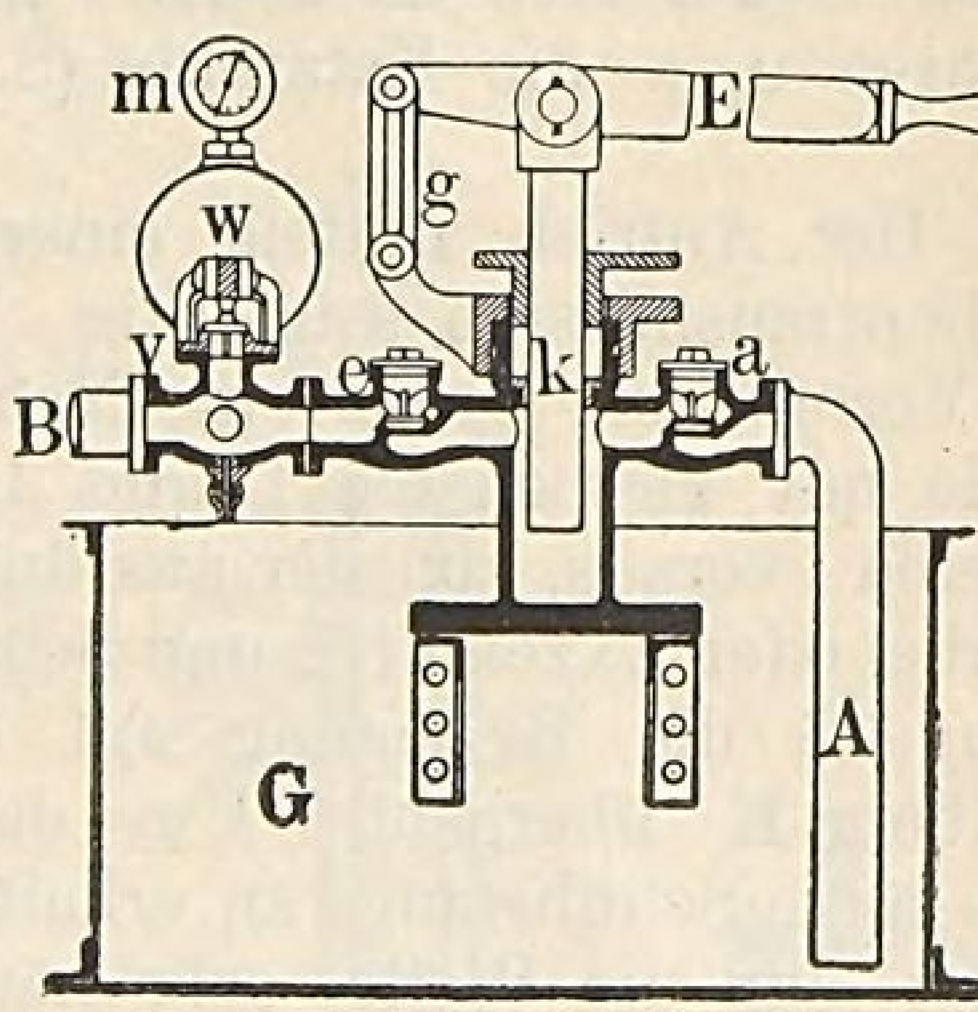


Fig. 744.

sich, getragen von einer Winkeleisenverbindung, über einem Wassergefässe G. Das Saugrohr A tritt beinahe auf den Boden des Gefässes; bei a sieht man das Saugventil, bei e das Druckventil, bei v ein Sicherheitsventil, bei w einen Windkessel, bei m ein Manometer, bei B das Druckrohr. Der Kolben k erhält seine Auf- und Abwärtsbewegung mittels des Handhebels E, welcher mit dem Gelenke g an den Pumpenkörper angehängt ist. Der Kolbendurchmesser dieser Druckpumpe beträgt etwa 1,2—6,5 *cm* und der Hub etwa 10 *cm*. Man ist mit diesen Pumpen im Stande, Drücke bis zu 500 Atmosphären hervorzubringen. Gewöhnlich ist bei ihnen die Auswechslung verschieden grosser Kolben vorgesehen, so dass sie die Möglichkeit gewähren, zuerst mit einem grösseren Kolben das Füllen der zu prüfenden Kessel und darauf mit einem kleinen Kolben die Druckgebung vorzunehmen. Um die Überschreitung eines bestimmten Druckes zu verhindern, wird das Sicherheitsventil v angebracht und mit einer Hebelgewichtsbelastung versehen, damit die Belastung auf einen erwünschten Maximaldruck eingestellt werden kann, wobei das Manometer m zur Druckangabe dient.

b. Transmissionspumpen.

Die Transmissionspumpen sind dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb der Kolben mittelbar von einer Kraftmaschine erfolgt. Die zu diesem

Zwecke in Verwendung kommenden Mittel sind verschieden, je nachdem die Betriebskraft einer allgemeinen Transmission (S. 175) z. B. einer Wellentransmission, entnommen oder von einer ausschliesslich zum Pumpenbetriebe bestimmten Kraftmaschine abgeleitet werden soll, und je nachdem dem Arbeitsaufnehmer (S. 484) eine ununterbrochene Drehbewegung oder eine Hinundherbewegung (Wasserräder, Wassersäulenmaschinen, Dampfmaschinen) eigentümlich ist. Im allgemeinen dienen zur Bewegungs- und Kraftübertragung Kurbeln, Exzenter, Stangen und Hebel in Verbindung mit Riemen, Kurbelschleifen, Schubstangen und denjenigen Vorrichtungen, welche die gesteuerte Schlussbewegung der Ventille (S. 110) und die Regelmässigkeit des Ganges (S. 239) hervorbringen sollen (Gegengewichte, Schwungräder, Balanziers, Regulatoren).

Besonders wichtig ist die Vermeidung des Wasserstosses und in vielen Fällen die Einrichtung, welche zur genauen Regulierung der zu fördernden Wassermenge zwischen den einzelnen Hüben Stillstandspausen hervorbringt, deren Dauer sich nach der Fördermenge richtet. Zu diesen Einrichtungen gehören u. a. die Katarakte (S. 536).

Der Antrieb mittels einer Kurbel oder eines Exzenters von einer Wellentransmission setzt (Fig. 745) der Übersetzung wegen in der Regel die Vermittlung durch eine Nebenwelle mit Festscheibe f und Losscheibe l voraus, von der aus durch Kurbel oder Exzenter E und Schubstange S die Bewegung auf den Kolben K übergeht. Um dabei eine lange Schubstange zu erhalten, lagert man die Welle sehr häufig in einem besonderen Wandlager L entsprechend hoch über der Pumpe. Letztere wird gewöhnlich ihrer Bestimmung gemäss (Fabrik- oder Speisepumpe) als Druckpumpe mit Windkessel W konstruirt. Das Saugventil a und das Druckventil e sind mit Federn belastet und in leicht zugängigen Gehäusen untergebracht, um Störungen schnell beseitigen zu können; das Gestell G bildet mit den Pumpenstiefel und den Ventilkasten ein Gusstück, das auf einem Steinfundament gehörig befestigt wird, und an das sich das Saugrohr A und das Steigrohr B anschliesst. — Kleinere Pumpen dieser Art führt man als Wandpumpen aus, indem man den Pumpenkörper mit allen Nebenteilen auf einer Platte vereinigt, die an der Gebäudewand verankert wird, oder als Gestellpumpen, bei welchen das Lager für die Nebenwelle an einem nach oben ragenden Arme oder an dem Windkessel W sitzt.

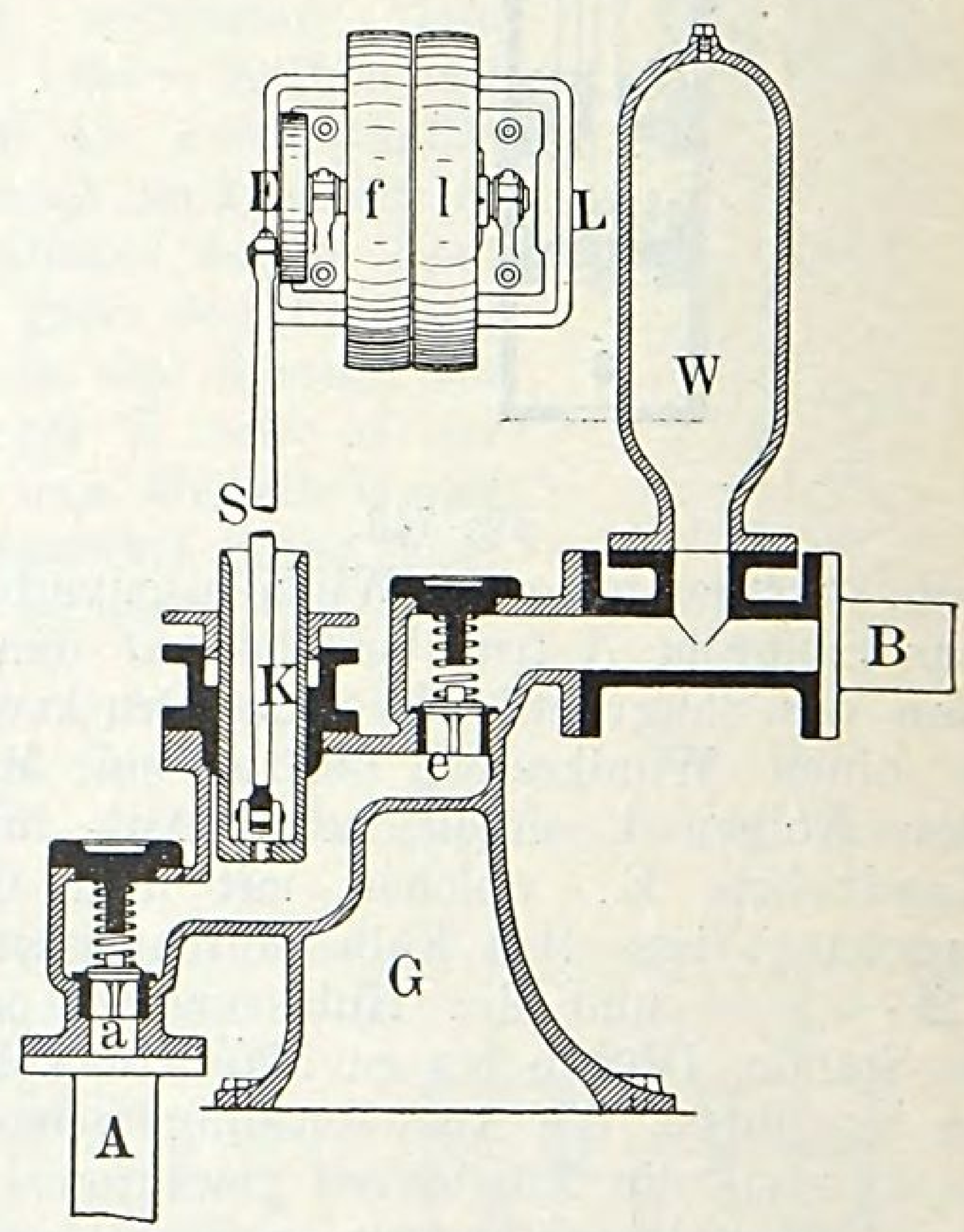


Fig. 745.

In chemischen Industrien bilden die Pumpen ein unentbehrliches

Mittel zum Heben von Flüssigkeiten aller Art. Sind diese Flüssigkeiten von solcher Beschaffenheit, dass sie die Teile der Pumpen angreifen oder zerstören z. B. die gewöhnlichen Metalle durch Säure, die Liderung durch Laugen etc., so sind Einrichtungen zu treffen, welche eine solche Einwirkung verhüten. In vielen Fällen erreicht man diesen Zweck durch entsprechende Auswahl des Pumpenmaterials, indem man Blei, Hartgummi, Bronze, Zinn, selbst Porzellan verwendet, oder das Innere der Pumpe mit Blei, Gummi etc. ausfüttert und selbstverständlich zu den Leitungsröhren dasselbe Material wählt. Da es hierbei aber im allgemeinen nicht thunlich ist, die Kolben und deren Stopfbüchsen aus dem Futtermaterial z. B. Blei herzustellen, so ist bei der Anordnung der Pumpe noch darauf Bedacht zu nehmen, die Flüssigkeit von diesen Teilen abzuhalten, indem man sie mit einer elastischen Scheidewand von Kautschuk (Membran) abschliesst.

Auf solche Weise sind die Membranpumpen entstanden, deren allgemeine Einrichtung (Fig. 746) (Dehne) zeigt. Der mit Blei ausgefütterte Pumpenkörper nimmt bei A das Saugrohr mit dem Saugventil a, bei B das Druckrohr mit dem Druckventil e und bei C den Pumpcylinder mit dem Tauchkolben K auf. Zwischen dem Pumpenkörper und dem Cylinder ist in einem linsenförmigen Gehäuse die Kautschukplatte m als Membran ausgespannt, deren Bewegung unten und oben durch eine durchbrochene Wand begrenzt und dadurch vor Platzen geschützt wird. Die Übertragung der Kolbenbewegung auf die Membran erfolgt durch Wasser, mit dem der Cylinder C gefüllt ist. Ein übermässiger Druck im Cylinder wird durch ein belastetes Sicherheitsventil v verhindert. Diese Membranpumpe kann sowohl von der Transmission als von einem Handhebel angetrieben und auch zur Förderung von Wasser gebraucht werden, das feinen Sand u. dergl. enthält.

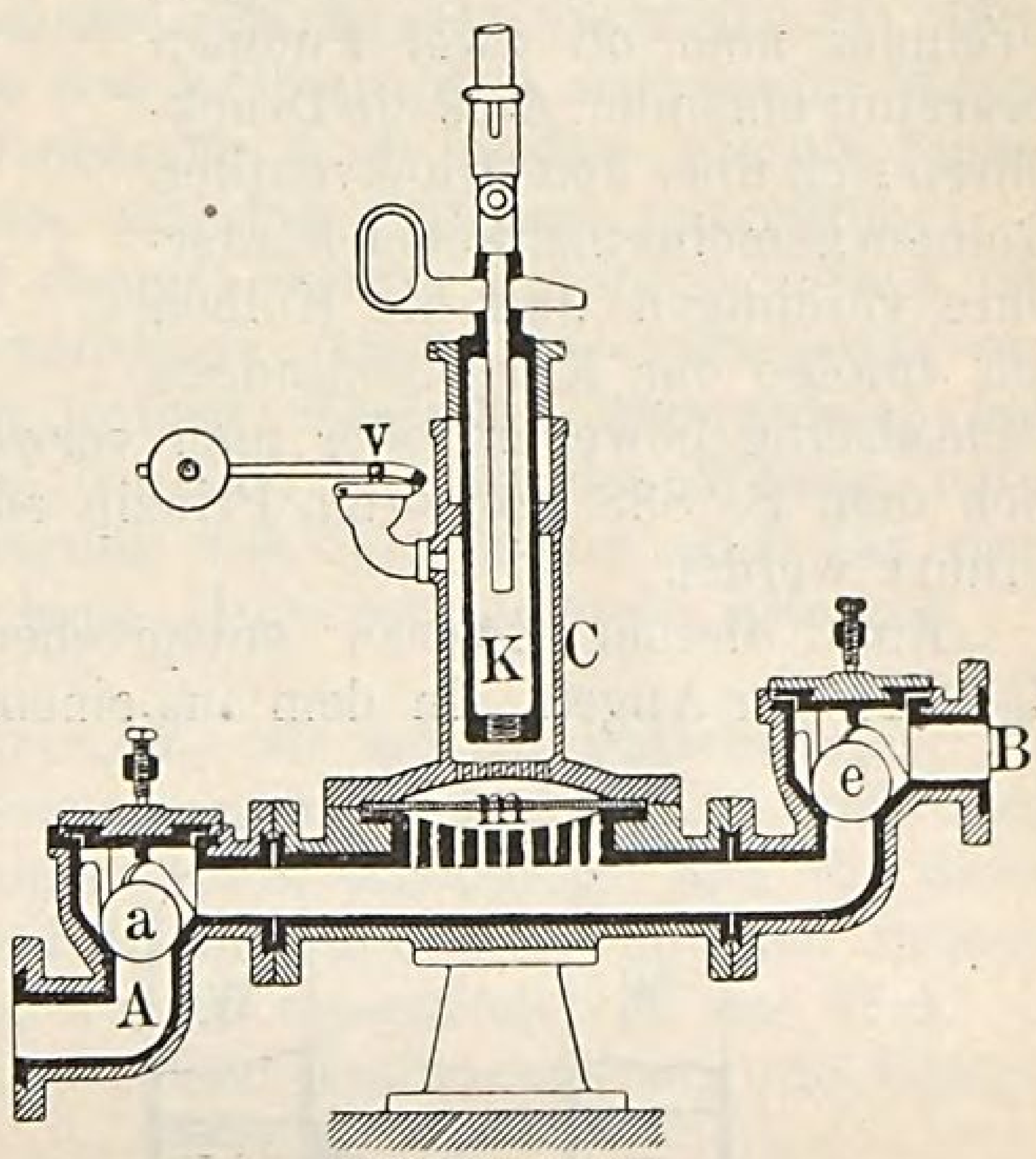


Fig. 747.

Da die Querschnittsfläche eines Kolbens, multiplizirt mit der Hublänge bei jedem Hube ein abgemessenes Volumen der Flüssigkeit fördert, so lassen sich solche Pumpen auch zugleich als Regulirvorrichtungen verwenden. Dazu gehört unter anderen die in Fig. 747 dargestellte Stoffpumpe zur Speisung der Bütte an der Papiermaschine mit Papierstoff. In dem Pumpenstiefel A bewegt sich der Taucherkolben B, infolge der Schwingung des Hebels E D C, welcher bei C die an dem Boden des hohlen Kolbens befestigte Kolbenstange aufnimmt. Die Schwingung des Hebels erfolgt durch eine Stange L, welche von einem Exzenter oder einer Kurbel aus angetrieben wird. Um eine Veränderlichkeit in der Stoffmenge

hervorzubringen, kann die Hubhöhe des Kolbens verändert werden, indem man den Angriffspunkt n der Exzenterstange L verlegt. Zu dem Zwecke befindet sich der Angriffspunkt n an einem Gleitstücke, welches durch die von dem Handrad h bewegte Schraube auch während des Ganges zu verschieben ist. Als Ventile empfehlen sich hier Kugelventile a und e, um ein Zusammenballen und Anhängen des Stoffes innerhalb der Pumpe zu verhüten.

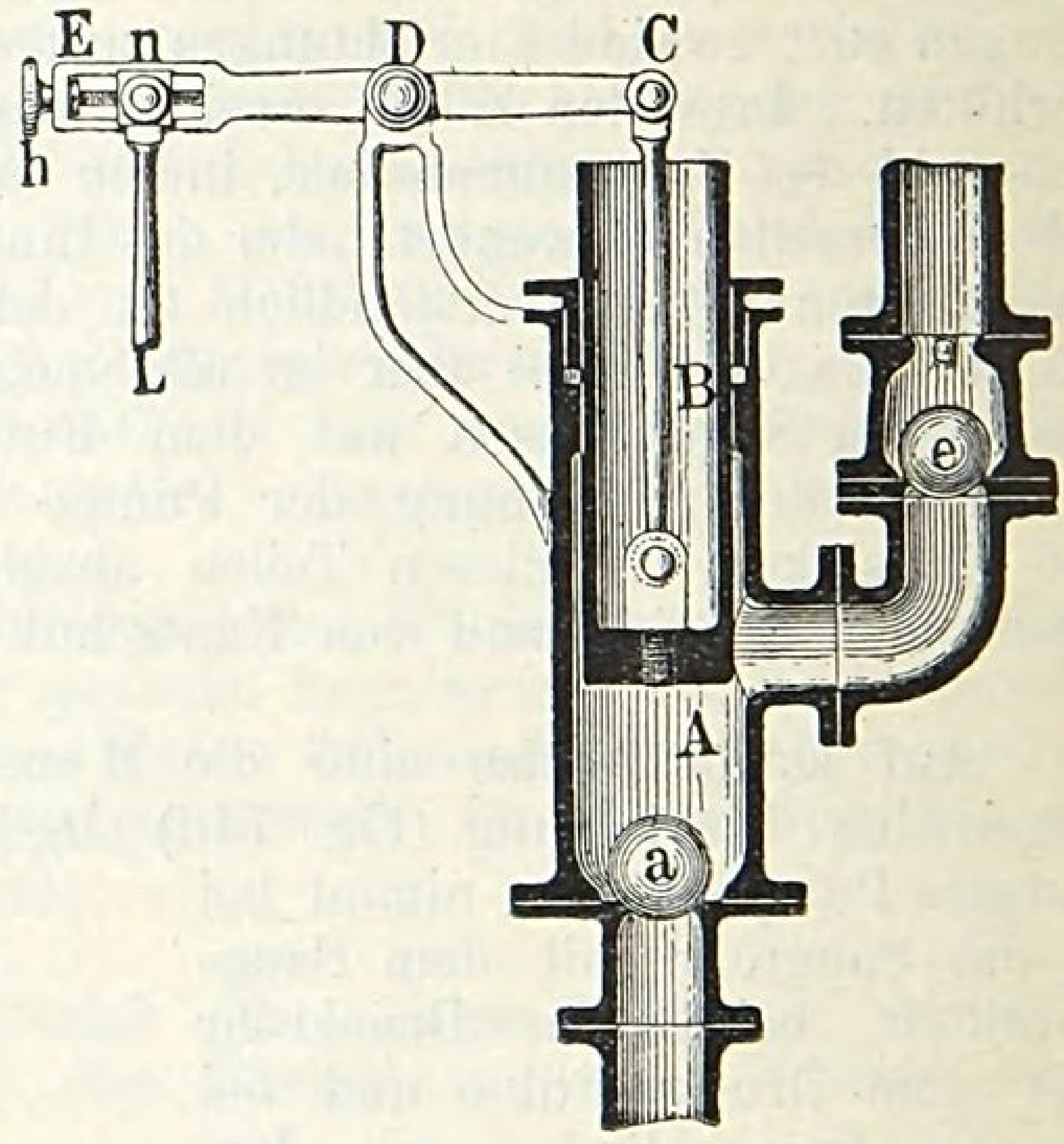


Fig. 747.

Statt dieser einfach wirkenden Pumpen verdienen in sehr vielen Fällen die stetig wirkenden den Vorzug. Um eine stetige Förderung des Wassers hervorzubringen, verbindet man oft zwei Pumpen derart mit einander, dass die Druckröhren sich über den Druckventilen zu einem gemeinschaftlichen Förderrohre vereinigen und die Kolben sich infolge der Kurbelstellungen wechselseitig bewegen, oder man verwendet doppeltwirkende Pumpen, die nach dem S. 838 erörterten Prinzip oder mit einem Differentialkolben ausgeführt werden.

Eine diesem Zwecke entsprechende doppeltwirkende Pumpe führt Fig. 748 vor Augen. In dem aus einem Hohlgusstück bestehenden Pumpen-

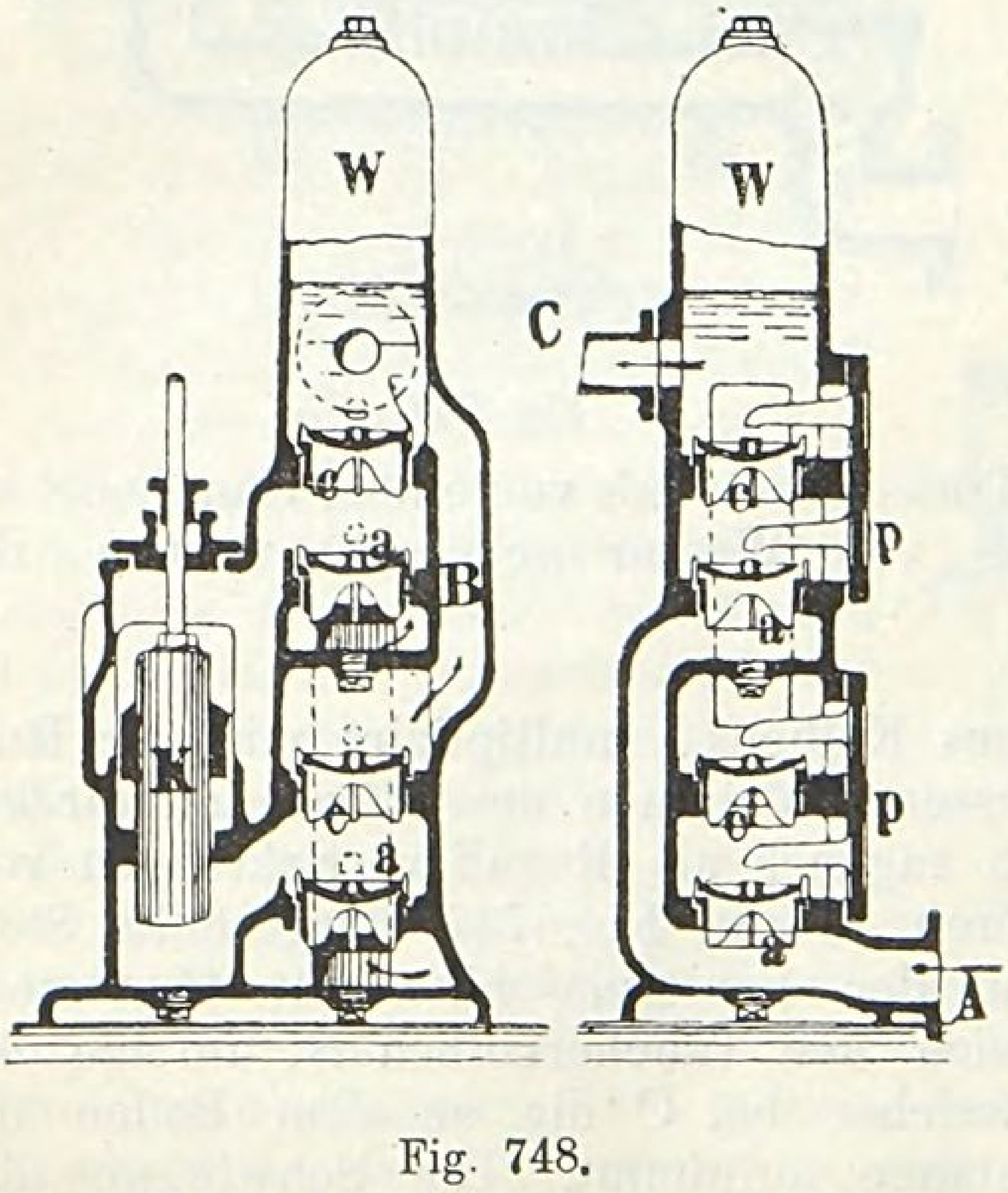


Fig. 748.

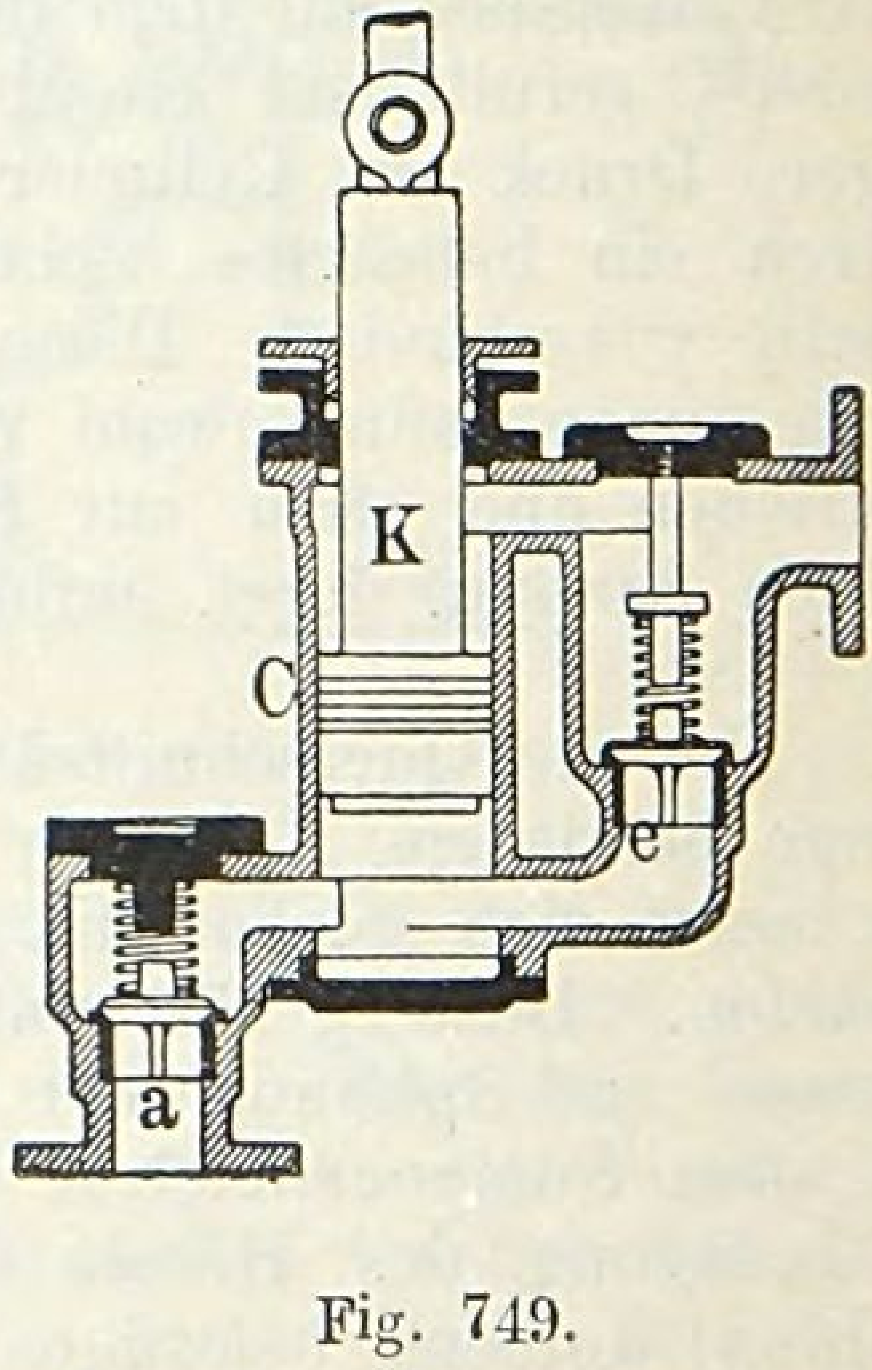


Fig. 749.

körper P befinden sich zwei Saugventile a a für die Zuströmung des Wassers durch das Saugrohr A und zwei Druckventile c c, durch welches

das Wasser zunächst in den Windkessel W und aus diesem in das Förderrohr C gelangt. Der von der Transmission aus bewegte Kolben K saugt durch das untere Saugventil beim Aufgang durch das obere Saugventil beim Niedergang Wasser an, das beim Aufgang durch das obere, beim Niedergang durch das untere Druckventil fortgeschafft wird. Durch Wegnahme der vorgeschraubten Platten p p sind sämtliche Ventile leicht zugängig.

Die in Fig. 603 S. 715 ausführlich beschriebene Kurbelwassersäulenmaschine bildet zugleich eine doppelt wirkende Pumpe, wenn das Rohr A als Saugrohr und das Rohr E an das Druckrohr angeschlossen und die Welle w von einem Transmissionsriemen in Drehung versetzt wird.

Einfacher gestaltet sich eine solche stetig wirkende Pumpe mit Differentialkolben, indem dieselbe nur ein Saug- und ein Druckventil erforderlich macht. Wie aus Fig. 749 erhellt, ist der Tauchkolben K unten als Scheibenkolben ausgebildet und bewegt sich in einem Pumpenstiefel, der sowohl oben als unten in das Druckrohr einmündet. Beim Aufgang saugt die untere Kolbenfläche das Wasser durch das Saugventil a an, während die obere Ringfläche der Scheibe das Wasser hinaufdrückt. Beim Niedergang drückt die untere Fläche des Kolbens das angesaugte Wasser durch das Druckventil e in das Druckrohr und in den oberen Stiefelraum. Dieser letzte Anteil wird beim nächsten Aufgang fortgedrückt, so dass diese Pumpe einfach saugt und doppelt drückt und infolgedessen eine sehr regelmässige Wasserhebung hervorbringt. Diese Regelmässigkeit wird noch dadurch erhöht, dass man den Kolben möglichst dünnwandig hohl herstellt und zugleich als Windkessel benutzt, in den das Wasser unten eintritt. Ausserdem ist durch Anbringung von Spiralfedern noch für einen sicheren und genauen Ventilschluss beim Hubwechsel Sorge getragen.

Zur Förderung grosser Wassermengen, wie sie zur Entwässerung von Bergwerkschächten, sowie zur Wasserversorgung von Städten und dergl. notwendig wird, pflegt man die Pumpen durch besondere, nur für diesen Zweck bestimmte Kraftmaschinen zu betreiben und diese mit den Pumpen durch Zwischenglieder zu verbinden, welche wesentlich von der Wahl der Kraftmaschinen und der Entfernung zwischen Kraftmaschinen und Pumpen sowie deren Aufstellung abhängen.

Ist das Wasser aus Tiefen zu fördern, so ist die Aufstellung der Pumpen mit Rücksicht auf die unerhebliche Saughöhe (S. 832) ebenfalls in den Tiefen erforderlich und die Förderhöhe durch entsprechend grosse Hubhöhen zu gewinnen.

Wird die Pumpe als Saugpumpe ausgeführt, so spricht man von einem Saugsatz gegenüber dem Drucksatz bezw. Hubsatz, worunter die Druck- oder Hubförderungseinrichtung zu verstehen ist.

Befinden sich bei solchen Schachtpumpen die Betriebsmaschinen oberirdisch, so kann die Verbindung nur mittels Gestänge erreicht werden (Gestängepumpen); bei unterirdisch aufgestellten Kraftmaschinen fallen die Gestänge selbstverständlich fort (oberirdische und unterirdische Wasserhaltungsmaschinen). Liegt die Achse des Kolbens mit derjenigen des Hub- und Drucksatzes in einer Linie, so dass das Gestänge in dem Hubsatz untergebracht ist, so nennt man die Anlage einachsig, gegenüber der zweiachsigen mit nebenstehendem Pumpenstiefel und freihängendem Gestänge. Das lange Gestänge

eignet sich nur zum Betriebe solcher Druckpumpen, bei welchen der niedergehende Kolben das Wasser empordrückt, wenn es durch sein eigenes Gewicht diese Pressung ausübt, da es sich im anderen Fall zu stark biegt.

Da jedoch Hubsätze zum Betriebe Scheibenkolben voraussetzen, die Taucherkolben aber bei grossen Förderhöhen den Vorzug verdienen, weil sie leichter dicht zu halten sind, so führt man Wasserhaltungspumpen in der Regel als Saug-Druckpumpen mit Taucherkolben aus und zwar erhält hierbei der Pumpenstiefel der Örtlichkeit angepasst sowohl eine senkrechte als wagerechte Lage. Die Druckpumpen gestatten eine Gesamtdruckhöhe von 100—150 *m* für die einzelnen Drucksätze, die Hubpumpen dahingegen nur etwa 50 *m*. Bei allen Förderungen auf grössere Höhen ist es daher notwendig, mehrere Sätze übereinander anzuordnen, wobei bei Gestängemaschinen die unterste Pumpe als Hubsatz ausgeführt zu werden pflegt, der von dem Drucksatzgestänge bethätigt wird, das sämtliche Drucksatzkolben bewegt.

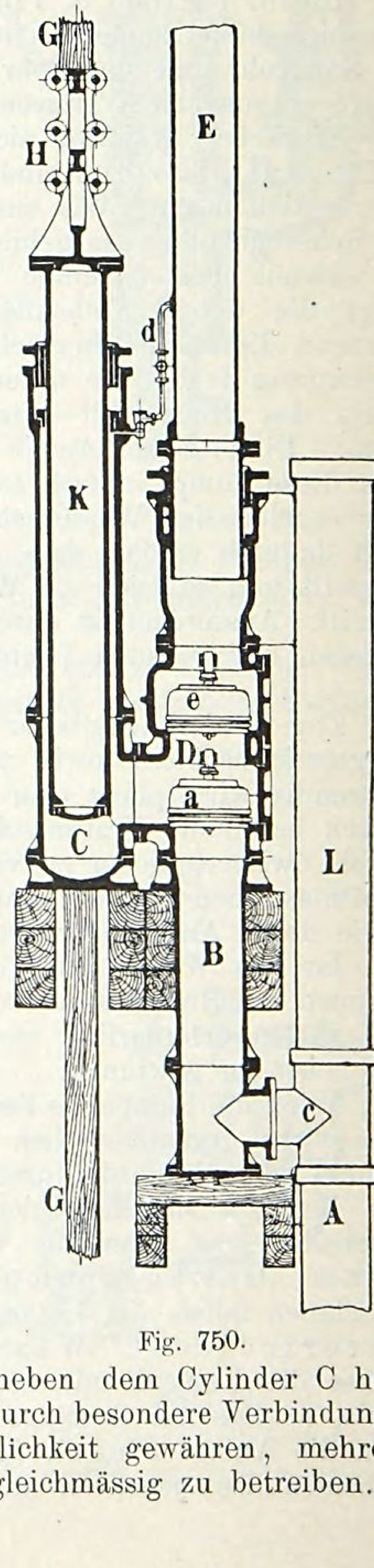


Fig. 750.

Aus Fig. 750 geht eine in neuerer Zeit vielfach ausgeführte Schachtpumpe mit Saug- und Druckwirkung hervor. Das Saugrohr A mündet seitwärts mittels eines T stückes (Fig. 127 I S. 84) in das Zwischenrohr B bei c ein und erhält neben B aufsteigend noch eine Verlängerung L als Überlaufrohr. Die Ventile a und e liegen übereinander in einem Ventilgehäuse, an das sich nach oben das Druckrohr E und seitwärts der Pumpencylinder C anschliesst. Der rohrartige Tauchkolben K hängt an dem von einer oberirdischen Maschine angetriebenen Gestänge G G, saugt beim Aufgang Wasser durch a an und drückt dasselbe beim Niedergang durch e in das Druckrohr E. Zur Entlüftung des Cylinders ist oben ein Entlüftungsventil angebracht, das durch ein Röhrchen d die Luft oder auch Wasser in das Steigrohr E entlässt. Um beim Anlauf der Pumpe das Saugrohr A mit Wasser füllen zu können, ist der oberste Raum des Ventilgehäuses mit dem Raum unter dem Saugventile a durch ein Rohr mit einem sogen. Frischhahn verbunden.

Wie die Zeichnung erkennen lässt, setzt sich das Gestänge G G aus zwei parallelen neben dem Cylinder C herlaufenden Strängen zusammen, welche bei H durch besondere Verbindungsstücke den Kolben aufnehmen und die Möglichkeit gewähren, mehrere übereinander stehende Sätze gleichzeitig und gleichmässig zu betreiben.

Eine zur Wasserversorgung dienende, mit Differentialkolben versehene, also mit einfacher Saug- und doppelter Druckwirkung ausgestattete Pumpe, welche bestimmt ist, aus einer Schachttiefe von 63 *m* täglich 5000 *cbm* zu fördern, ist in Fig. 751 zur Darstellung gebracht. In dem unteren Pumpenkörper A befindet sich das Saugrohr und das Saugventil a und unmittelbar über diesem des Druckventil e. Jedes Ventil besteht aus einer grösseren Anzahl in drei konzentrischen Ringen 1, 2, 3 (Fig. 147 S. 105) angeordneten Hubventilen, welche durch Gummifedern zwangläufig geschlossen werden. Beide Ventile sind in einem gemeinschaftlichen Gehäuse untergebracht, welches zum Anhube von dem Rohre d aus gefüllt werden kann, das zugleich zur Füllung von A dient. Die Verlängerung W des Ventilgehäuses bildet einen Druckwindkessel mit dem Druckrohransatz E. Der Pumpencylinder besteht aus den zwei Teilen C und F, zwischen welchen die Stopfbüchsen für den Tauchkolben K liegen. Beide Teile C und F haben durch die Verbindungsstutzen B und D Anschluss an den anderen Pumpenkörper. Der Differentialkolben J K wird von einer oberirdischen Dampfmaschine (Fig. 752) mittels eines Zuggestänges angetrieben, verdrängt beim Aufgang, unter gleichzeitigem Ansaugen, aus dem Raum F Wasser, das in die Druckleitung eintritt und wirkt beim Niedergange durch sein Gewicht von 4800 *kg* als Druckkolben. Derselbe führt für die grösste Wasserlieferung in der Minute 18 Hübe aus.

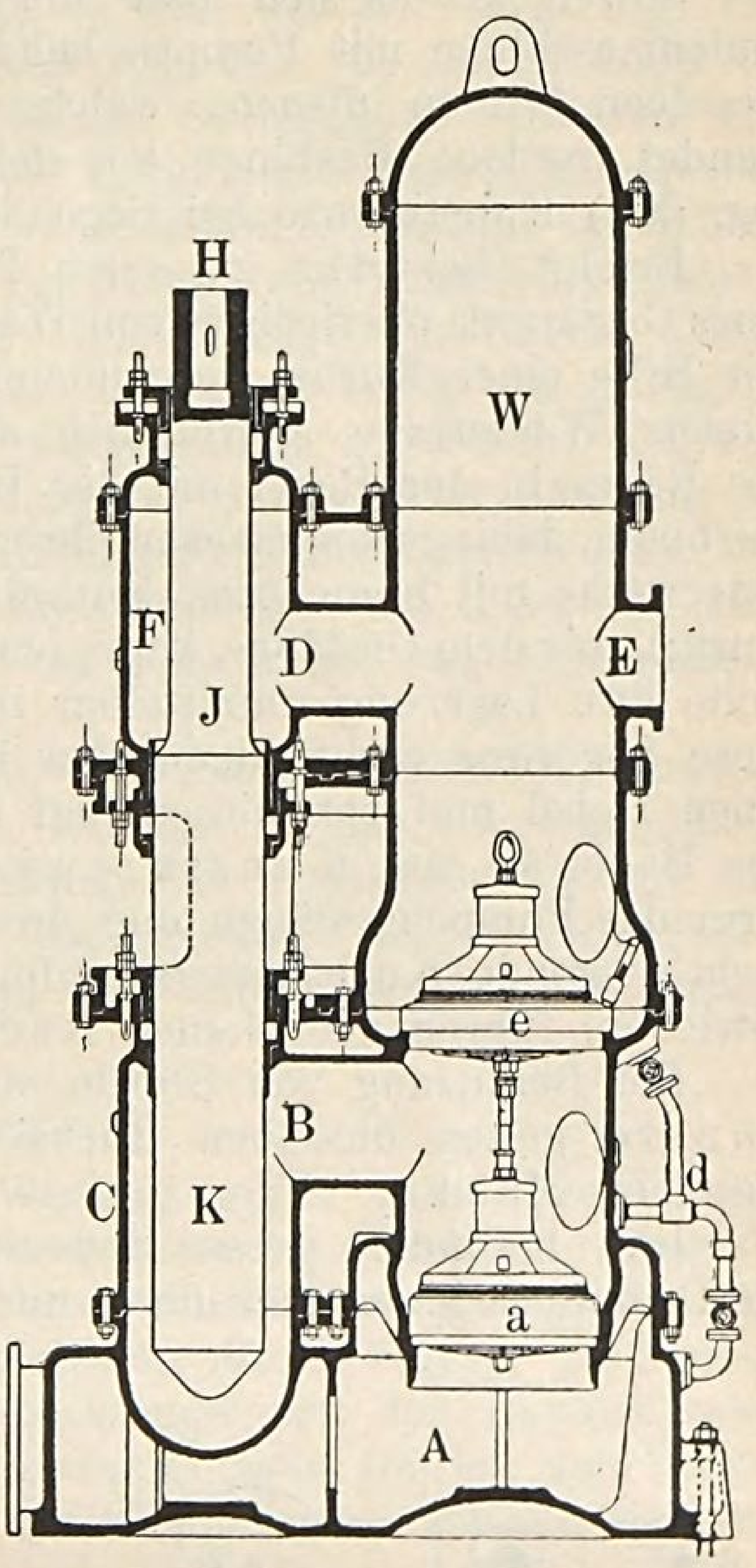


Fig. 751.

Naturgemäss besitzen die Gestänge an den Schachtpumpen entsprechend ihrer Länge erhebliche Gewichte, so dass die Hebung derselben einen ebenso bedeutenden Arbeitsaufwand beansprucht. Zur Vermeidung oder zur Abminderung des letzteren pflegt man daher das Gestängegewicht durch ein Gegengewicht oder bei Doppelpumpen dadurch auszugleichen, dass man beide Gestänge durch einen Hebel, Balanzier etc. mit einander derart verbindet, dass sie sich wechselseitig bewegen. — Vielfach benutzt man zu dem in Rede stehenden Zwecke das sog. hydraulische Gegengewicht oder Gestänge (S. 243).

Besonders vorteilhaft erweisen sich zum Betriebe grösserer Pumpwerke die Wassersäulenmaschinen (S. 702 u. f.) weil sie nicht nur mit den Pumpen dieselbe Bewegungsweise besitzen, sondern weil sie auch dieselbe Flüssigkeit aufnehmen und deshalb mit den Pumpen in den Geschwindigkeits- und Gangverhältnissen übereinstimmen. Ihre dennoch beschränkte

Anwendung als Kraftmaschine für Pumpwerke (Wassersäulenkünste) erklärt sich aus dem Umstande, dass sich zu ihrem Betriebe am besten hohe Wassersäulen, also grosse Pressungshöhen, eignen, die nur in seltenen Fällen zur Verfügung stehen.

Soweit wie es sich hier um die indirekte Verbindung der Wassersäulenmaschinen mit Pumpen handelt, genügt es hervorzuheben, dass dazu dieselben Mitteln dienen, welche bei den Dampfkünsten (S. 847) angewendet werden: Gestänge bei stehenden Wassersäulenmaschinen (S. 711, Fig. 601) Kunstkreuze bei liegenden.

Erfolgt bei den grösseren Pumpwerken der Kolbenantrieb mittels eines Gestänges oberirdisch von Wasserrädern, so wird die Kraftübertragung mit Hilfe einer Kurbel vorgenommen. Diese Kurbel sitzt bei einem vertikalen Wasserrade gewöhnlich an der Radwelle, weil die Umdrehzahl des Rades in der Regel mit der Hubzahl der Pumpe übereinstimmt. Die Turbinen dahingegen machen ihrer grösseren Umdrehzahl wegen Zwischenräderwerke mit besonderen Kurbelwellen notwendig. Die Verbindung der Kurbel mit dem Gestänge kann ohne weiteres stattfinden, wenn die Kurbelwelle ihre Lagerung unmittelbar in der Gestängeverlängerung erhält. Wo diese Lagerung nicht ausführbar ist, wird die Drehbewegung zuerst auf einen Hebel und von diesem auf das Gestänge übertragen, wobei sehr oft der Hebel als sog. Kunstkreuz (S. 44) ausgebildet ist, dessen wagrechter Arm das Pumpengestänge und dessen nach oben gerichteter Arm die wagerecht liegende Kurbelstange aufnimmt. Pumpanlagen von Wasserrädern betrieben, führen den Namen Radkünste.

Bei Benutzung von Göpeln oder Windrädern (Rosskünste, Windkünste) gelten dieselben Rücksichten und dienen zur Kraftübertragung dieselben Mittel.

Eine besondere grosse Bedeutung haben zum Betriebe grosser Pumpen die Dampfmaschinen gewonnen und zwar sowohl in oberirdischer als unter-

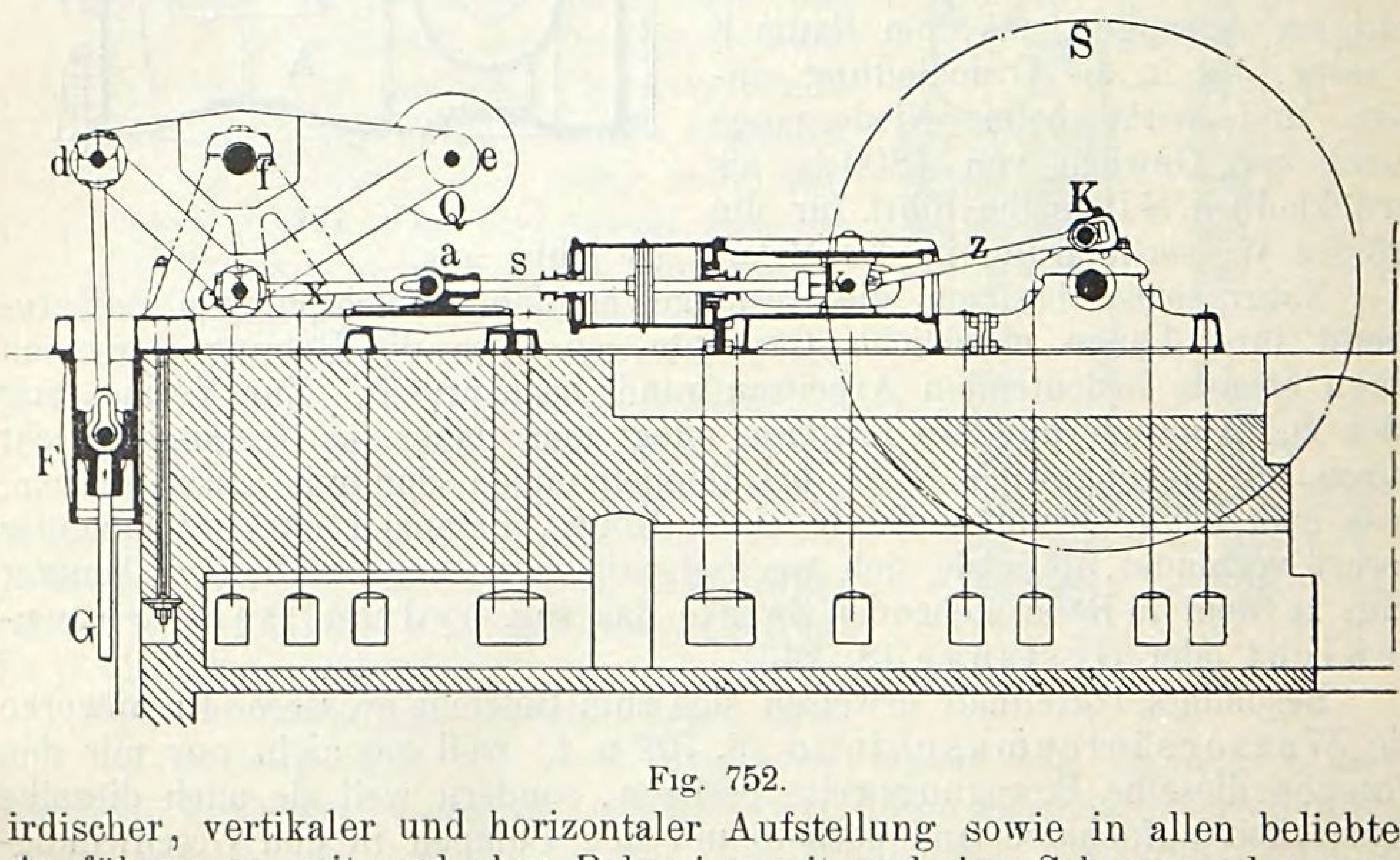


Fig. 752.

irdischer, vertikaler und horizontaler Aufstellung sowie in allen beliebten Ausführungen, mit und ohne Balanzier, mit und ohne Schwungrad u. s. w.,

so dass diese Dampfmaschinenkünste oder Dampfkünste in zahlreichen Formen angetroffen werden.

Als Beispiel einer durch Einfachheit ausgezeichneten Anlage dieser Art kann diejenige gelten (Gutermuth), welche aus der oben Fig. 751 S. 845 dargestellten Pumpe und der durch Fig. 752 vor Augen geführten Dampfmaschine zusammengesetzt ist. Die mit Schwungrad versehene eincylindrische Dampfmaschine mit einer von Hand verstellbaren Meyerschen Doppelschiebersteuerung (S. 526) ist auf eine bestimmte Anzahl von Hüben eingestellt, die durch einen auf eine Drosselklappe einwirkenden Regulator möglichst konstant erhalten wird. Die Kolbenstange s ist nach beiden Seiten über den Cylinder hinaus verlängert und zwar bei k zur Aufnahme des Kreuzkopfes k beziehungsweise der Kurbelstange z, welche die Verbindung mit der Kurbel K vermittelt, und bei a mit einer Führung beziehungsweise einer Schubstange x zur Verbindung mit dem Kunstkreuze c d e. Die Kurbel K sitzt auf der Welle eines Schwungrades und dient zur Hubbegrenzung des Dampfkolbens, während das Schwungrad die Gleichmässigkeit der Bewegung fördert.

Das Kunstkreuz c d e besteht aus zwei vertikalen Blechschilden, schwingt um zwei horizontale Zapfen f, trägt das Gestänge G, das bei d angehängt ist, das Gegengewicht Q zur Ausgleichung des Gestängegewichtes und nimmt bei c die Schubstange x auf. Das Gestänge erhält eine Geradführung bei F und wird unmittelbar an den Plungerkolben der Pumpe angeschlossen.

c. Dampfpumpen.

Die Verwendung des gespannten Wasserdampfes zum Betriebe von Kolbenpumpen in einfachster Weise ist dadurch zu erreichen, dass die Kolbenstange der Dampfmaschine in ihrer Verlängerung zugleich den Pumpenkolben aufnimmt und dass infolgedessen die Bewegung des Dampfkolbens nur durch das Mittel der Kolbenstange auf den Pumpenkolben übergeht. Die auf solche Art entstandenen Anlagen führen den Namen Dampfpumpen und sind anzusehen als Kupplungen von Pumpen mit Dampfmaschinen.

Beim Betriebe von Pumpen sind Widerstände zu überwinden, welche je nach der Gattung und der Bestimmung der Pumpen an und für sich sehr verschieden ausfallen, bei ein und derselben Pumpe aber in jedem Augenblicke als gleich angenommen werden können. Demgemäss ist bei der Anordnung und Wahl der Dampfpumpen-Dampfmaschinen darauf Rücksicht zu nehmen, dass dieselben stets nahezu gleichbleibende Kolbenwiderstände zu überwinden haben. Erreicht wird diese Gleichmässigkeit ohne weiteres durch die Anwendung von Volldruckdampfmaschinen (S. 492). Da mit diesen Maschinen jedoch ein entprechender Verlust an Arbeitsvermögen des Dampfes verbunden ist, dessen Verminderung oder Vermeidung immer angestrebt werden muss, wenn die Maschinen sparsam arbeiten sollen, so gelangt man naturgemäss zur Verwendung von Expansionsdampfmaschinen (S. 493). Diese haben für den in Rede stehenden Zweck jedoch eine Einrichtung zur Voraussetzung, welche die durch die Expansionsverhältnisse bedingte Druckabnahme in der Weise ausgleicht, dass längs des ganzen Kolbenweges gleiche Arbeit geleistet wird.

Eine solche Einrichtung beruht auf dem Prinzip: die während der Volldruckperiode entwickelte überschüssige Kraft besonders aufzuspeichern und während der Expansionsperiode wieder abzugeben, so dass dem Pumpenkolben möglichst gleichmässige Kraft zugeführt wird.

Zum Aufspeichern dieser überschüssigen Kraft dienen entweder mitbewegte Massen oder Akkumulatoren. Die mitbewegten Massen werden schwingend, hin- und hergehend oder drehend, also als Balanziers oder als Schwungräder (S. 243 u. f.) angewendet. Die Akkumulatoren oder Kraftspeicher (S. 200) bilden Vorrichtungen, in welchen die Aufspeicherung der Kraft entweder durch Spannung von Federn oder Luft oder durch Benutzung einer Wassersäule, selten durch gespannten Wasserdampf erfolgt. Zur Benutzung dieser Flüssigkeiten sind mit den Pumpen Nebencylinder verbunden, in welchen Kolben von den Dampfmaschinen aus derart bewegt werden, dass sie während der Volldruckperiode der Flüssigkeit eine Spannung erteilen, die während der Expansionsperiode der Dampfkolbenkraft wieder zugeführt wird. Unter diesen Kraftspeichern ist besonders der in Fig. 753 vor Augen ge-

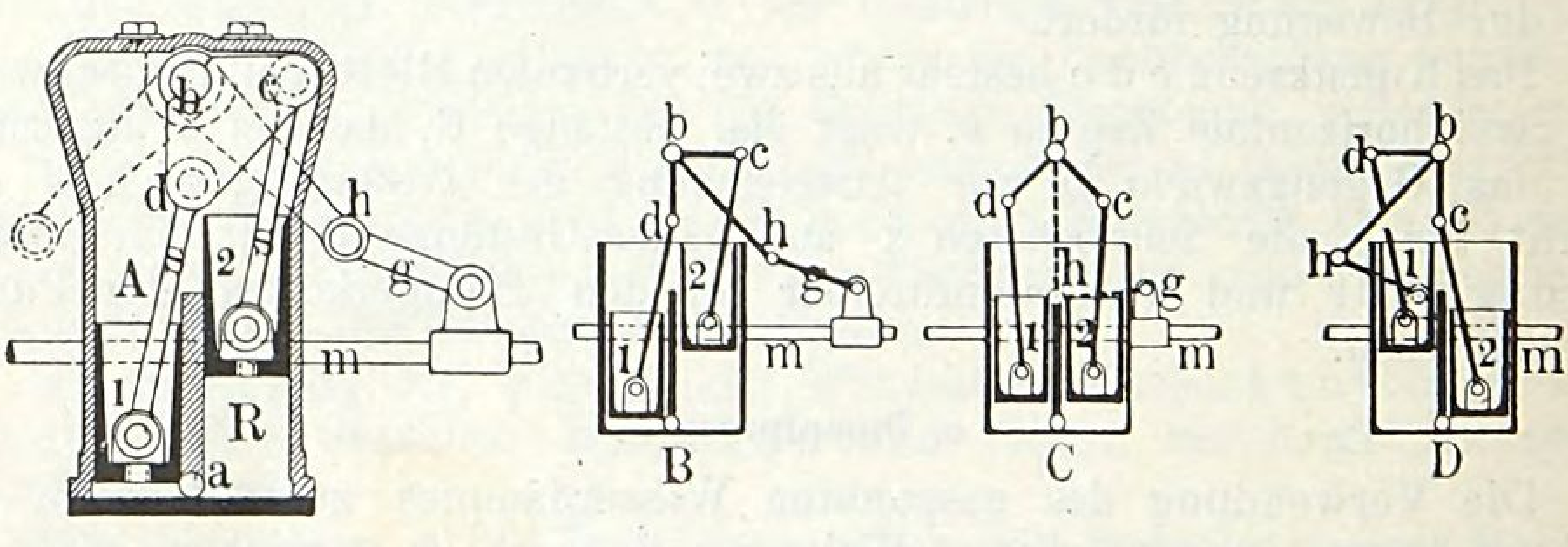


Fig. 753.

führte (Hülsenberg) bemerkenswert. Zwei gleiche Cylinder A und R stehen mittels eines gemeinschaftlichen Kanals a mit einer Wassersäule, einem Windkessel, einer Druckluftleitung etc. in Verbindung, wodurch die beiden Kolben 1, 2 dieser Cylinder unter gleichen Druck gestellt sind. Mittels der Stangen s und s erhalten die Kolben Anschluss an die Zapfen d und c einer dreieckigen Platte, welche um die Achse b in Schwingung gesetzt wird und zwar von der Kolbenstange m der Dampfpumpe, welche durch das Gelenk g mit dem Hebel h b verbunden ist, der auf der Achse b festsitzt. Die Zapfen a und c schliessen in Bezug auf b einen Winkel von 90° ein und schwingen ebenfalls um einen Winkel von 90°, weil auch der Hebel h b dieselbe Schwingung ausführt, so dass ein ganzer Kolbenhub bei dieser Schwingung vollzogen wird. Die damit verbundene Wirkung lässt sich aus den drei Stellungen B, C, D erkennen. In der Stellung B beginnt der Dampfkolben seinen Lauf in der Richung rechts-links; diesem Lauf wirkt der Druck auf den Kolben 2 mit den wagrechten Hebelarm b c entgegen. Je weiter h vorrückt, je kleiner wird dieser Widerstand, der in der Mittelstellung C in Null übergeht, weil die Kolben 1 und 2 mit gleichem Drucke und gleichen Hebelarmen entgegengesetzt angreifen. Gelangt sodann h über die Mitte hinaus, so tritt zu der Kolbenkraft die Kraftäusserung des Kolbens 1 hinzu, welche ihr Maximum bei der Endstellung D, also am Schlusse der Dampfkolbenbewegung erhält.

Schlägt die Kolbenstange m darauf den entgegengesetzten Weg ein, so wiederholt sich dieses Spiel ebenfalls umgekehrt, woraus folgt, dass bei jeder Bewegungsrichtung des Dampfkolbens in der ersten Hälfte des Hubes ein Kraftüberschuss z. B. durch Zusammendrücken von Luft in einem Windkessel aufgestapelt und in der zweiten Hälfte des Kolbenhubes wieder nutzbar gemacht wird.

Selbstverständlich ist bei den Dampfpumpen dafür zu sorgen, dass der Hubwechsel durch die Steuerung der Dampfmaschine rechtzeitig eintritt.

Stehen zum Zwecke der gleichmässigen Kraftäusserung mit den Dampfpumpen Schwungräder in Verbindung, so werden diese in der Weise angeordnet, dass eine Kurbel der Schwungradwelle den Hub der Dampfmaschine begrenzt und die Steuerung wie bei den Dampfmaschinen von der Schwungradwelle abgeleitet wird (Dampfpumpen mit Hilfsrotation oder mit Drehbewegung).

Besitzen die Dampfpumpen dahingegen keine Drehbewegung (Dampfpumpen ohne Hilfsrotation oder ohne Drehbewegung), so kann die Hubbegrenzung nur durch die Steuerung erreicht werden, welche hierbei von der Kolbenstange ausgeht, indem diese durch passend angebrachte Teile auf die Steuerorgane einwirkt. In der Regel dienen dazu Stossknaggen, weshalb die Steuerung häufig Stosssteuerung genannt wird (Stosspumpen).

Ihrer Einfachheit und günstigen Leistung wegen haben die Dampfpumpen die ausgedehnteste Anwendung gefunden und demgemäss zahlreiche Ausführungsformen erhalten. Obwohl dabei sämtliche Dampfsteuerungen (S. 510 u. f.) und Dampfmaschinensysteme (S. 530 u. f.) in Benutzung gekommen sind, so pflegt man sich doch hauptsächlich der Einfachheit halber auf die Ausführung doppelt wirkender Pumpen mit doppelt wirkenden Dampfmaschinen mit Schiebersteuerung zu beschränken, obwohl für grössere Anlagen in Bergwerken, für Wasserversorgungen und dergl. vielfach Verbunddampfmaschinen mit Ventilsteuerung mit Recht vorgezogen werden.

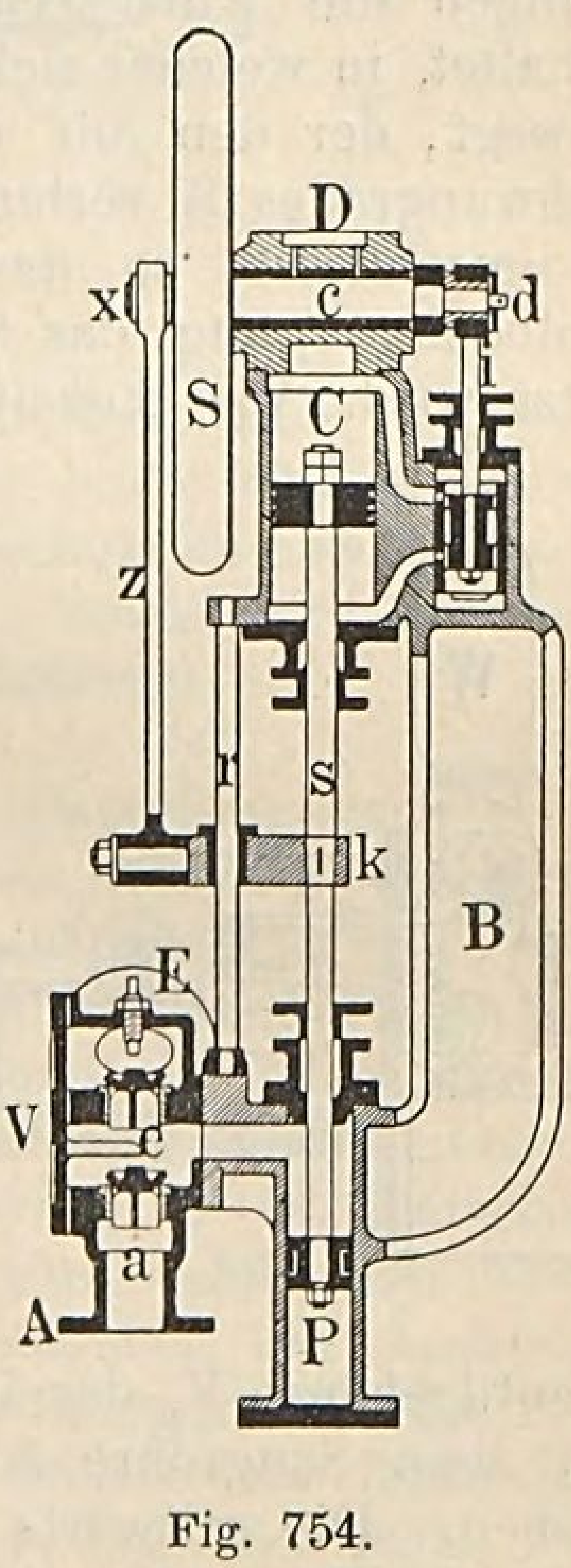


Fig. 754.

Eine sehr verbreitete, einfach wirkende Wanddampfpumpe mit Drehbewegung als Fabrikpumpe, zum Speisen von Dampfkesseln etc., zeigt Fig. 754. Der Dampfcylinder C ist mit dem Pumpencylinder P und dem Rahmen B aus einem Stücke gegossen. Das Ventilgehäuse V nimmt sowohl das Saugventil a als das Druckventil e auf und steht durch die Flanschen A und E mit Saugrohr und Druckrohr in Verbindung. Die Dampf- und Pumpenkolbenstange s nimmt in der Mitte einen Kreuzkopf k auf, der zur Aufnahme der Schubstange z dient und an einer runden Stange r geführt wird. Über dem Dampfcylinder C liegt in dem zum Lager ausgebildeten Deckel D die Achse c des Schwungrades S, das mit dem Kurbelzapfen x die Schub-

stange z erfasst, während die Schwungradachse c bei d einen exzentrischen Zapfen trägt, der in eine Kurbelschleife der Schieberstange i eintritt. Man erkennt also, dass die infolge rechtzeitiger Steuerung stattfindende Bewegung des Dampfkolbens nicht nur die Pumpe in Thätigkeit setzt, sondern auch das Schwungrad in Drehung bringt, welches mit Hilfe des Kurbelzapfens x und Stange z den Hub begrenzt und von der Achse c aus die Schiebersteuerung bethätigt.

Sehr oft verwendet man bei Dampfpumpen zur Übertragung der Kolbenbewegung auf die Schwungradwelle die Kurbelschleife (S. 43) oder auch die in Fig. 74 S. 39 dargestellte Führung mit Krummachse. In beiden Fällen erhält die Schwungradachse ihre Lage zwischen Dampf- und Pumpencylinder.

Eine liegende doppeltwirkende Dampfpumpe mit Kurbelschleife zeigt Fig. 755. Der kastenförmige als Gestell dienende Gusskörper G G nimmt freitragend bei C die Dampfmaschine, bei P die Pumpe sowie in der Mitte bei L das Lager für die Schwungradwelle auf und ist zur Befestigung der Cylinder an beiden Enden als Cylinderdeckel ausgebildet, mit denen die Cylinder durch Schrauben verbunden werden. Zwischen Dampf- und Pumpenkolben ist zugleich als Verbindungsglied der beiden Kolbenstangen die Kurbelschleife k eingeschaltet, in welcher sich ein Gleitklotz bewegt, der den mit der Achse des Schwungrades S verbundenen Zapfen o umschliesst, so dass infolge der Kolbenbewegung das Schwungrad unter Hubbegrenzung in Drehung versetzt wird. Vier kegelförmige Hubventile sitzen in einem gemeinschaftlichen

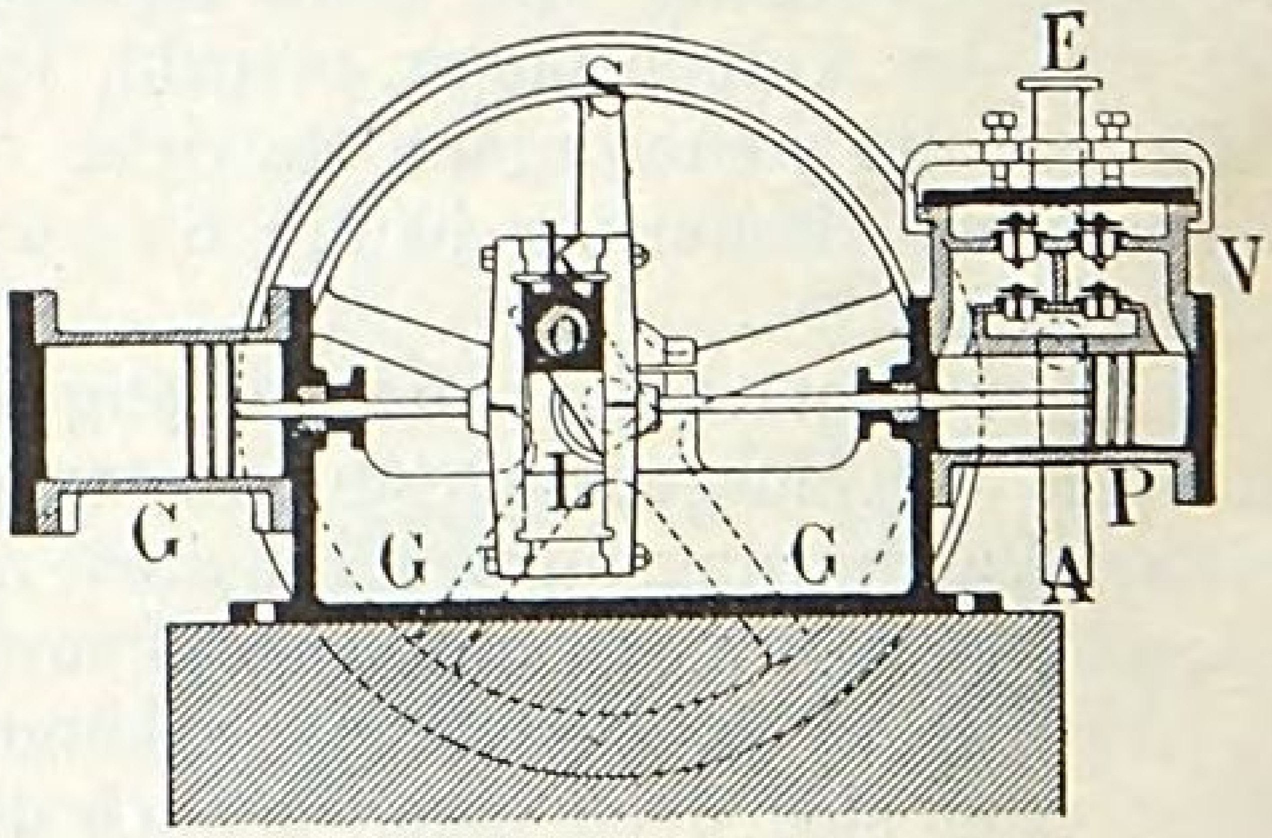


Fig. 755.

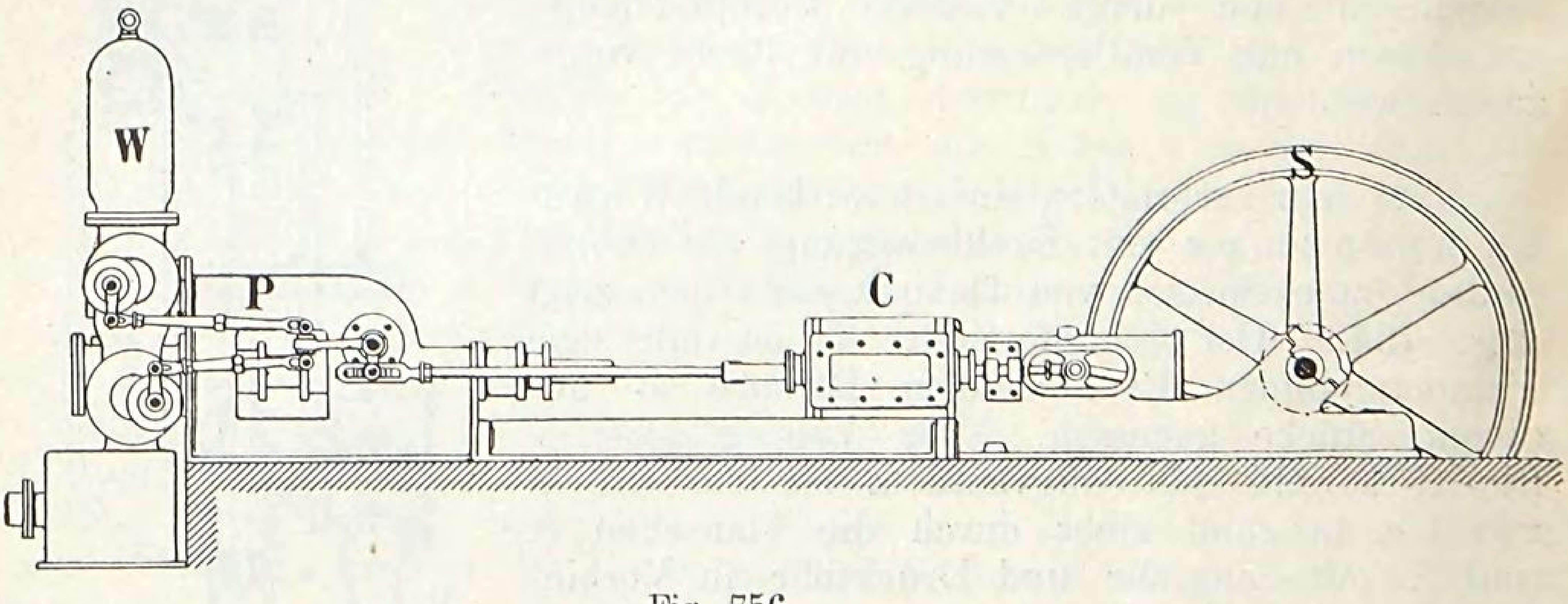


Fig. 756.

Ventilgehäuse V, das in drei Kammern geteilt ist, wovon die zwei unteren mit dem Saugrohre A, die obere mit dem Druckrohre E in Verbindung stehen. Die seitwärts am Dampfcylinder sitzende Schiebersteuerung mit geringer Expansion erhält ihren Antrieb direkt von der Schwungradwelle durch Exzenter (S. 514).

Grosse Pumpen dieser Art stattet man aus den S. 109 erörterten Gründen höchst zweckmässig mit Ventilzwangschluss aus. Eine sehr vorteilhafte Anordnung dieser Art (Riedler) führt Fig. 756 vor Augen. Auf einem festen Rahmengestelle befindet sich bei C die Dampfmaschine, bei S das Schwungrad und bei P die Pumpe mit Windkessel W und dem auswärts angebrachten ohne weiteres erkennbaren Ventilsteuerungsmechanismus. Die Hubbegrenzung ergiebt die Kurbel der Schwungradwelle.

Eine sehr gedrängte, daher für unterirdische Aufstellung besonders gebaute Anlage (Riedler) entsteht (Fig. 757) durch die Anbringung des Schwungrades S zwischen der Dampfmaschine C und der Pumpe P. Die

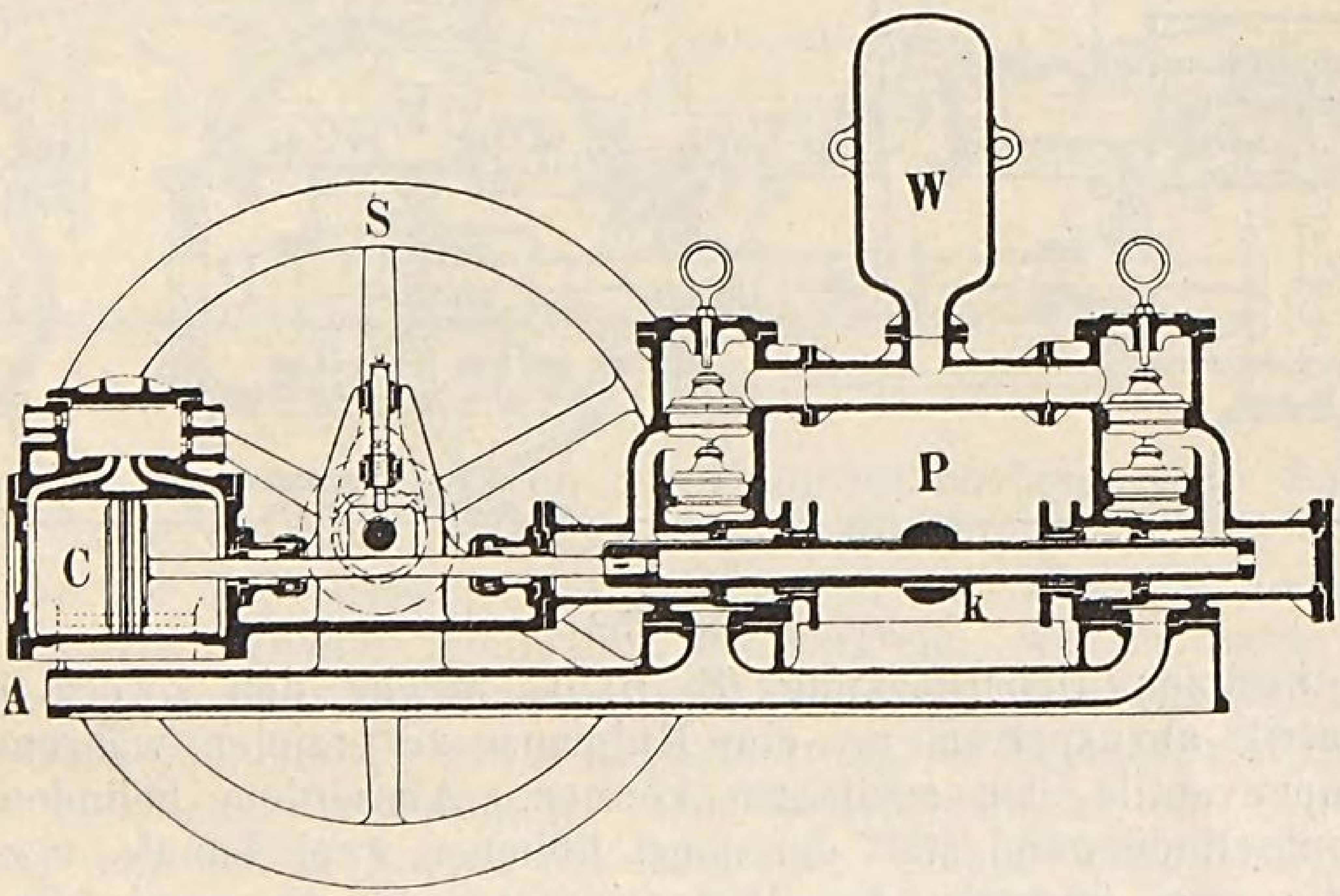


Fig. 757.

letztere bildet eine Doppelpumpe mit einem gemeinschaftlichen Pumpenkolben, der eine Verlängerung der Dampfkolbenstange bildet und mit dem Kreuzkopf k an die Schwungradwellenkurbel angeschlossen ist. Beide Pumpen besitzen ein gemeinschaftliches Saugrohr A, sowie ein gemeinschaftliches Steigrohr, das von dem Windkessel W abzweigt.

Ein sehr verbreitetes System schwungradloser Dampfpumpen (Worthington) geht im Wesen aus Fig. 758 hervor. Die Haupteigentümlichkeit desselben liegt in der Vereinigung zweier Dampfcylinder und zweier doppeltwirkenden Pumpen zu einer einzigen Maschine derart, dass beide Pumpen aufeinander kraftausgleichend einwirken, indem sie sich gegenläufig bewegen. Jede Dampfmaschine ist mit einfacher Schiebersteuerung versehen, welche durch eine Schwinge F in Thätigkeit gesetzt wird, die von der Kolbenstange S ihre Bewegung erhält und zwar so, dass die Kolbenstange der einen Maschine den Schieber der anderen Maschine und umgekehrt steuert. Infolge dieser Anordnung geräth eine der Pumpen in dem Augenblicke in Bewegung, wo die andere zur Ruhe gelangt. Die Verbindung findet dabei nach dem Schema Fig. 759 statt. Die Kolbenstange i der einen Maschine 1 wirkt auf die Schwinge d b und diese durch das Gelenk b e auf den Schieber der Maschine 2, die Kolbenstange k

der Maschine 2 in gleicher Weise auf die Schwinge c a und durch diese mittels des Gelenkes a f auf den Schieber der Maschine 1. Die Dampf-

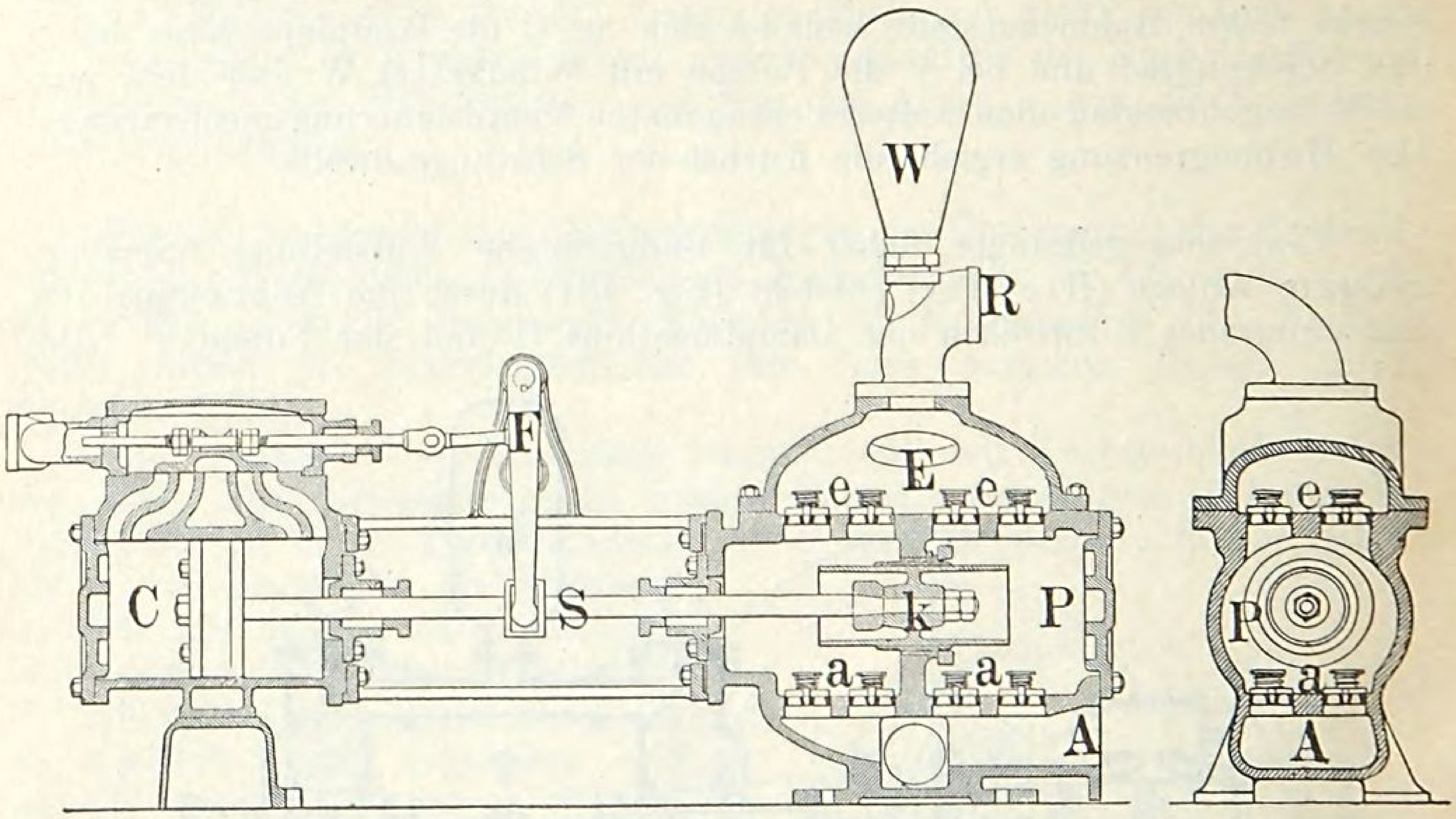


Fig. 758.

schieber besitzen Ueberdeckung (S. 513), welche den Zweck hat, den Dampfeintritt abzusperren, um eine Hubpause zu erzielen, während welcher die Pumpenventile sich schliessen können. Ausserdem befinden sich in der Dampfcylinderwand statt der sonst üblichen zwei Kanäle vier Kanäle, wovon die zwei äusseren den Dampfeintritt und die zwei inneren den Dampfaustritt gewähren, wodurch am Ende des Kolbenhubes zum Zwecke der Hubbegrenzung eine Zusammenpressung des Dampfes entsteht, die zugleich ein Anstossen der Kolben an die Cylinderdeckel verhindert.

Die Pumpen P sind doppeltwirkend. Der lange Pumpenkolben k hat seine Führung in einer zentrischen Büchse, welche in der Mittelwand des Pumpencylinders P sitzt, der dadurch in zwei Teile zerlegt wird, die durch die Saugventile a, a, und den Kanal A mit dem Saugrohre und durch die Druckventile e, e, und den Ventilraum E mit dem Druckrohre R in Verbindung stehen. Bei W schliesst sich ein Druckwindkessel an dasjenige Verbindungsstück R an, welches beide Pumpendruckrohre zu dem gemeinschaftlichen Druckrohre R vereinigen.

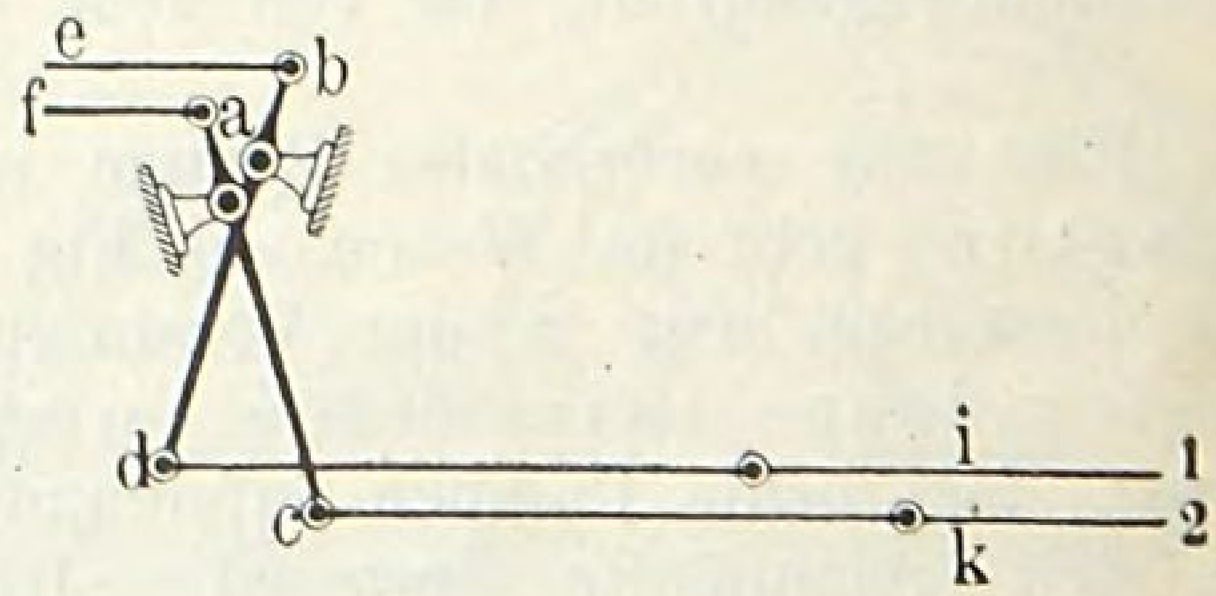


Fig. 759.

Die Fig. 760 zeigt eine schwungradlose Dampfpumpe (Hülsenberg), welche doppeltwirkend und mit einer Dampfmaschine, System Woolf (S. 553), sowie dem S. 848 Fig. 753 ausführlich beschriebenen Kraftausgleicher versehen ist. Die Kolben der Pumpe P des Hochdruckcylinders H und des Niederdruckcylinders N sind miteinander durch Kolbenstangen fest verbunden.

Die doppeltwirkende Pumpe P nimmt bei A das Saugrohr, bei W den Druckwindkessel und bei E das Druckrohr auf. Der Kraftausgleicher K steht, in Verbindung mit dem Pumpenwindkessel, unter dem Drucke der

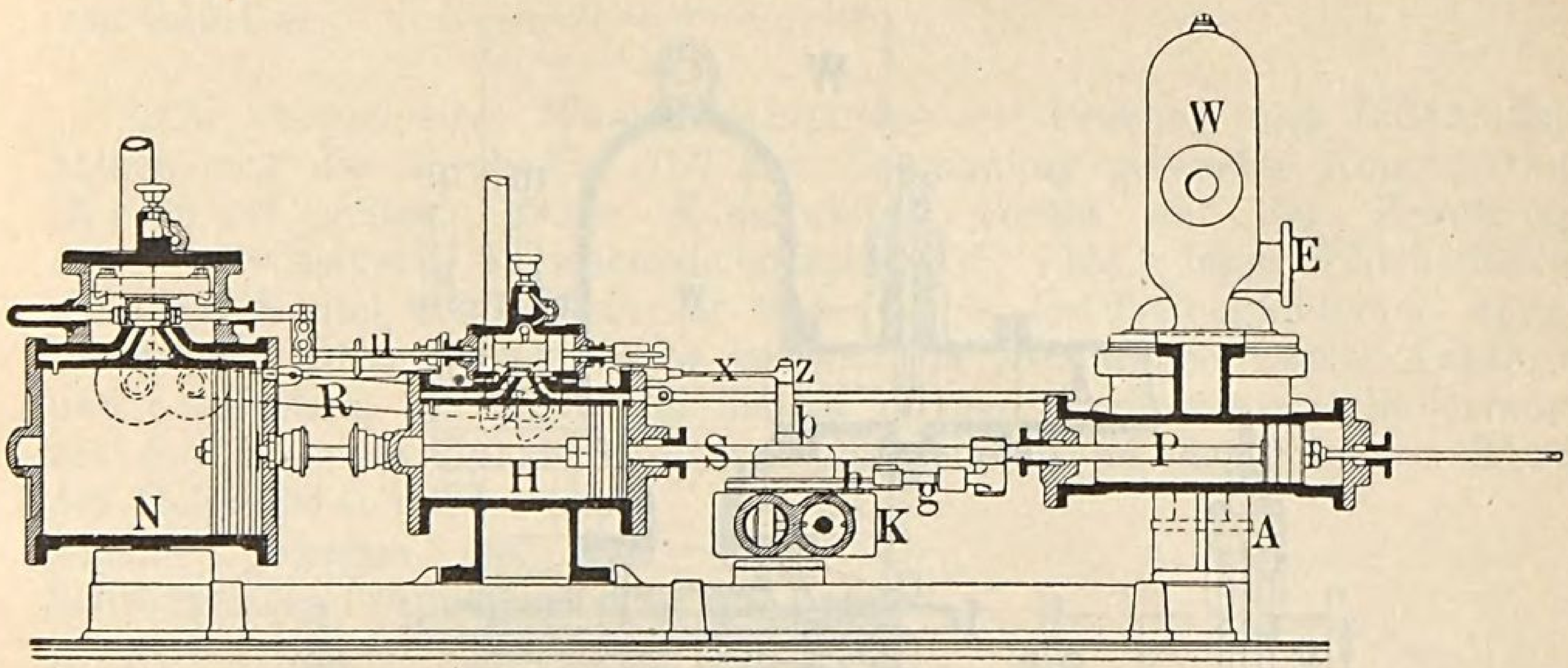


Fig. 760.

Pumpenwassersäule und wird von der Hauptkolbenstange S in der S. 848 erörterten Weise von der Zugstange h in Thätigkeit gesetzt, die durch das Gelenk g an die Kolbenstange S angeschlossen ist. Derselbe Mechanismus setzt sodann die vertikale Welle b in Schwingung, welche durch den exzentrischen Zapfen z mit Zugstange x nebst Übertragungshebeln die Steuerung des Hochdruckcylinders H, sowie die Steuerung des Niederdruckcylinders N mit Hilfe der Stange u bethätigt. Das Steuerorgan ist ein Schieber in Verbindung mit einem Kolben (Stosskolben). Neben dem Schieberkasten ist noch ein eigentümlicher Expansionskolben angebracht, der, in ähnlicher Weise wie die Ridersteuerung (S. 527) durch Drehung, hier durch Verschiebung die Expansionsverhältnisse ändert. Zur Überführung des Dampfes aus dem Hochdruckcylinder H in den Niederdruckcylinder N dient das Rohr R.

d. Wassersäulenpumpen.

In gleicher Weise wie die Dampfmaschinen können auch die Wassersäulenmaschinen (S. 702) zum Betriebe der Pumpen höchst vorteilhaft Anwendung finden und zwar ebenfalls mit Hilfe eingeschalteter Übertragungsmittel Balanzier, Gestänge etc. (S. 488) oder unmittelbar, indem der Wassersäulenkolben ohne weiteres mittels der Kolbenstange an den Pumpenkolben angeschlossen wird (W a s s e r s ä u l e n p u m p e n, W a s s e r d r u c k p u m p e n), wobei sogar der Wassersäulenkolben als Differentialkolben ausgebildet, zugleich Pumpenkolben sein kann. Desgleichen finden die Ausführungen wie bei den Dampfpumpen mit Drehung und ohne Drehung, sowie einfach und doppeltwirkend statt.

Eine einfach wirkende Wassersäulenpumpe ist bereits S. 708 mit Hilfe der Fig. 598 ausführlich beschrieben, so dass es umsomehr genügt, hier auf diese Beschreibung hinzuweisen, als diese einfach wirkenden Wasserdruckpumpen nur noch vereinzelt Verwendung finden.

Von grösserer Bedeutung sind die doppeltwirkenden Wasserdruckpumpen, namentlich für Zwecke der Wasserhaltung und Wasserversorgung und werden häufig ausgeführt. Besonders beachtenswert ist die in Fig. 761

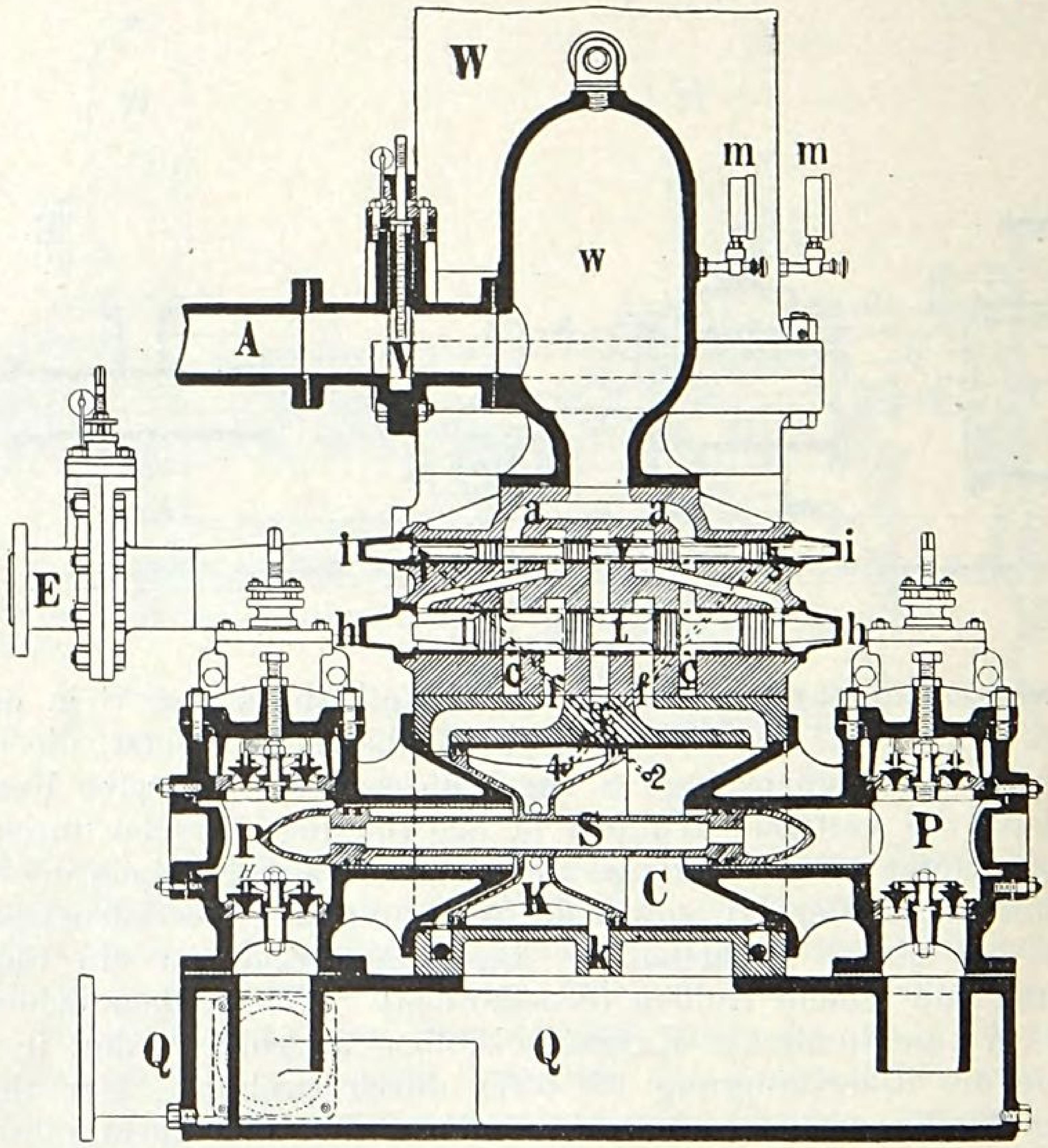


Fig. 761.

vor Augen geführte Anordnung (Roux), welche sich durch gedrängten Bau und dadurch auszeichnet, dass Wasserdruck- und Pumpenkolben K und S aus einem Stücke bestehen, das der Leichtigkeit wegen hohl gegossen und an vier Gleit- und Anschlussflächen genügend abgedichtet ist. In P und P erkennt man die zwei Pumpen im Anschluss an den mit dem Saugrohre versehenen Saugkasten Q, und mit Ringsaug- und druckventilen ausgestattet. Das bei einer Bewegung des Treibkolbens K angesaugte Wasser wird bei der entgegengesetzten Bewegung in den grossen Druckwindkessel W gepresst, um von hier aus in das Steigrohr E zu gelangen, das es zur Abflusstelle führt. Das zum Betriebe dienende Druckwasser tritt durch das Zuleitungsrohr A mit Schieberventil V und Windkessel w ein, wird durch die S. 709 u. f. ausführlich beschriebene Steuerung entsprechend zur Wirkung gebracht und gelangt zuletzt in den Saugkasten Q, um gleichzeitig mit dem angesaugten Wasser fortgepumpt zu werden.

In einer Anlage bei Creuzot sind zwei solche Pumpen nebeneinander aufgestellt, deren Druckcylinder 350 *mm* und deren Pumpencylinder 113 *mm* Durchmesser, und deren Kolben einen Hub von 255 *mm* besitzen. Das

Kraftwasser hat bis zur Achse der Maschine ein Gefälle von 80 *m*, wovon jedoch der passenden Geschwindigkeit wegen nur 70 *m* benutzt werden. Infolgedessen macht die Maschine 25 Doppelhübe in der Minute für jede Pumpe und hebt etwa 3 *kg* Wasser in der Sekunde auf eine Höhe von 349,4 *m*.

Als Beispiel einer Wassersäulenpumpe mit Drehung und Differentialkolben mag die durch Fig. 762 zur Anschauung gebrachte Konstruktion (Kröber) gelten. Diese Konstruktion beruht auf der Benutzung einer schwingenden Wassersäulenmaschine (S. 715), deren Schieberfläche nicht am Mantel, sondern an der Bodenfläche des Treibcylinders C angebracht ist. Diese Schieberfläche ist mit den Mündungen zweier Kanäle a und c versehen, von denen der erste a zu dem ringförmigen Cylinderraum um den dünneren Teil des Kolbens, der letztere zu dem inneren Raum des Cylinders C führt. Diese Kanäle gelangen bei den Schwingungen des mit Zapfen z gelagerten Cylinders, wechselweise mit den Kanälen c, a, 3 des Schieberspiegels zur Deckung. Durch den Kanal a tritt das Aufschlagwasser ein und gelangt bei der gezeichneten Stellung vor den Differentialkolben K, welcher dadurch in den Cylinder getrieben wird und das hinter demselben befindliche Wasser durch den Kanal c ins Freie schafft. Der Kolben K setzt durch seine Bewegung die Kurbel x und die Welle des Schwungrades S in Drehung, nimmt dadurch den Cylinder C mit und bringt damit am Ende seines Hubes die Kanäle in eine solche Stellung, dass das Druckwasser in den Cylinder C hinter dem Kolben eintritt, diesen aus dem Cylinder hinauspresst und das vorher in den äusseren Cylinderraum eingetretene Wasser durch 3 in den Druckwindkessel W beziehungsweise die Druckleitung treibt. Der bei T sichtbare Windkessel dient zur Abwendung der Stösse, welche beim Umsteuern im Wasser entstehen.

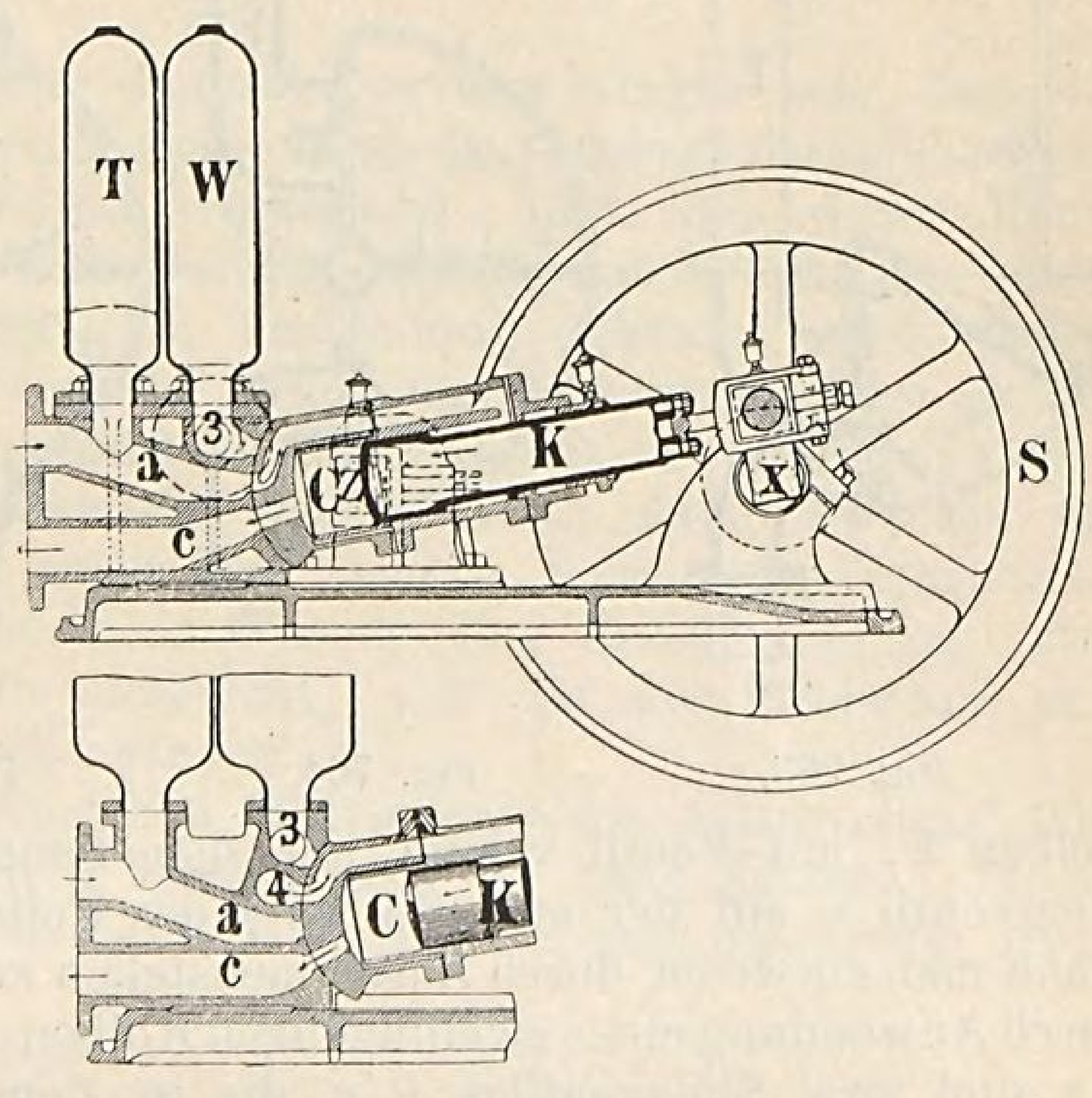


Fig. 762.

Die vorstehend erörterte Pumpe entnimmt das Förderwasser dem Druckwasser. Im Fall das Förderwasser einer anderen Quelle angehört, muss für die Zuführung desselben ein besonderer Kanal 4 eingeschaltet werden, der mit dem Kanal 3 abwechselnd in Verbindung tritt und zwar während der Saugperiode, wo das Ansaugen durch das im Schwungrad angesammelte Arbeitsvermögen erfolgt.

2. Pumpen mit Schwingkolben.

An die Pumpen mit hin- und hergehendem Kolben schliessen sich die Pumpen mit schwingendem Kolben unmittelbar an, indem sie mit der

Wirkung der ersteren vollständig übereinstimmen und sich von derselben nur dadurch unterscheiden, dass der ebenfalls überall dicht anschliessende Kolben die Gestalt einer viereckigen Platte hat, welche um eine Kante (einflügelig) oder die Mittelachse (zweiflügelig) in Schwingung versetzt und demgemäss in ein Gehäuse gebracht wird, das die Form eines Cylinderausschnittes oder eines Vollcylinders besitzt und mit der Saug- und Druckleitung in Verbindung steht.

Aus den S. 834 angegebenen Gründen kann der Kolben geschlossen oder durchbrochen sein, woraus sich zwei verschiedene Anordnungen ergeben; Fig. 763 mit geschlossenem Kolben k, dem Saugventil a und dem Steigventile an einer Seite des Kolbens und Fig. 764 mit durchbrochenem

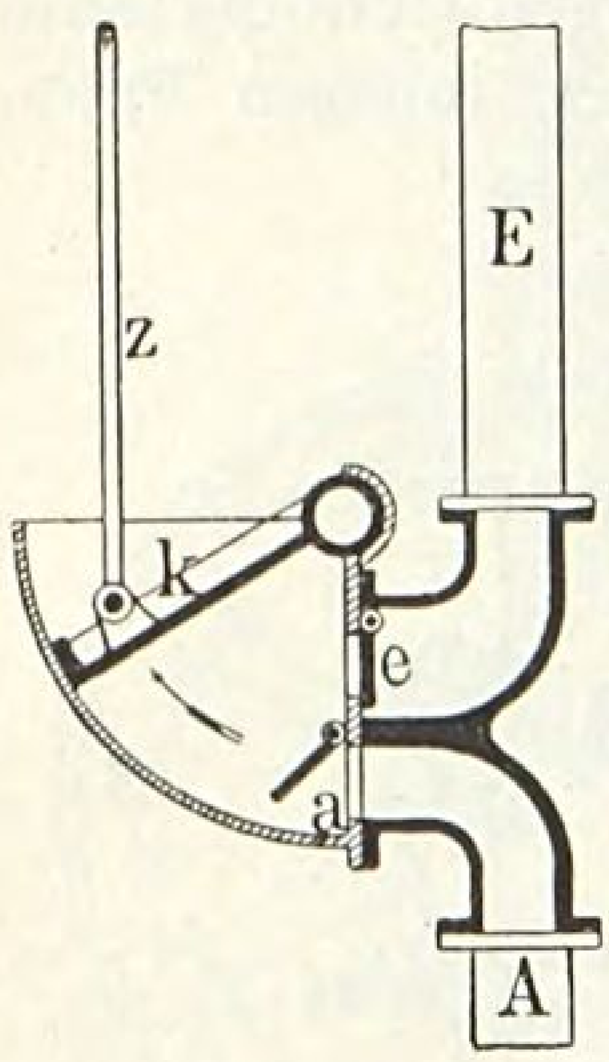


Fig. 763.

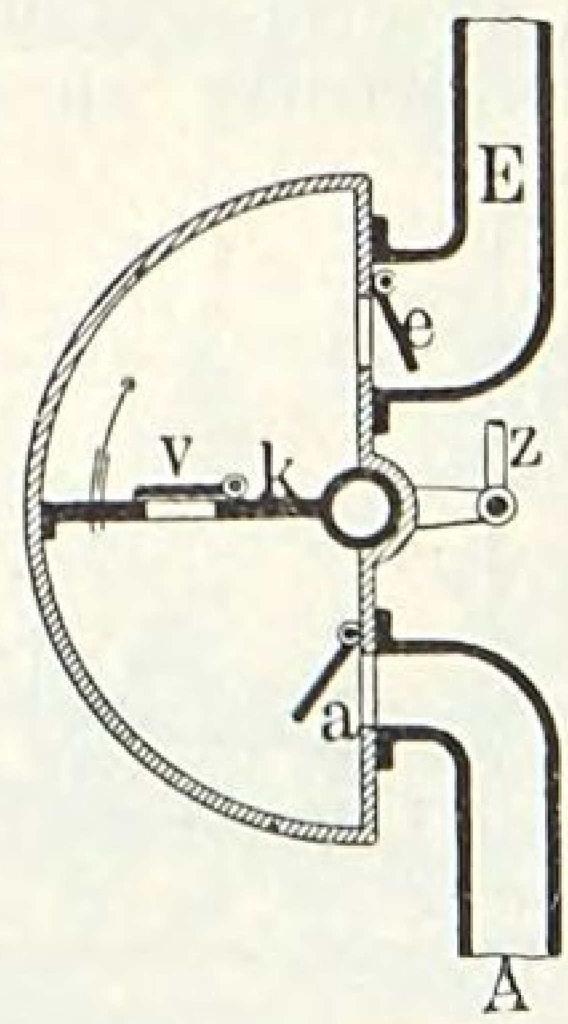


Fig. 764.

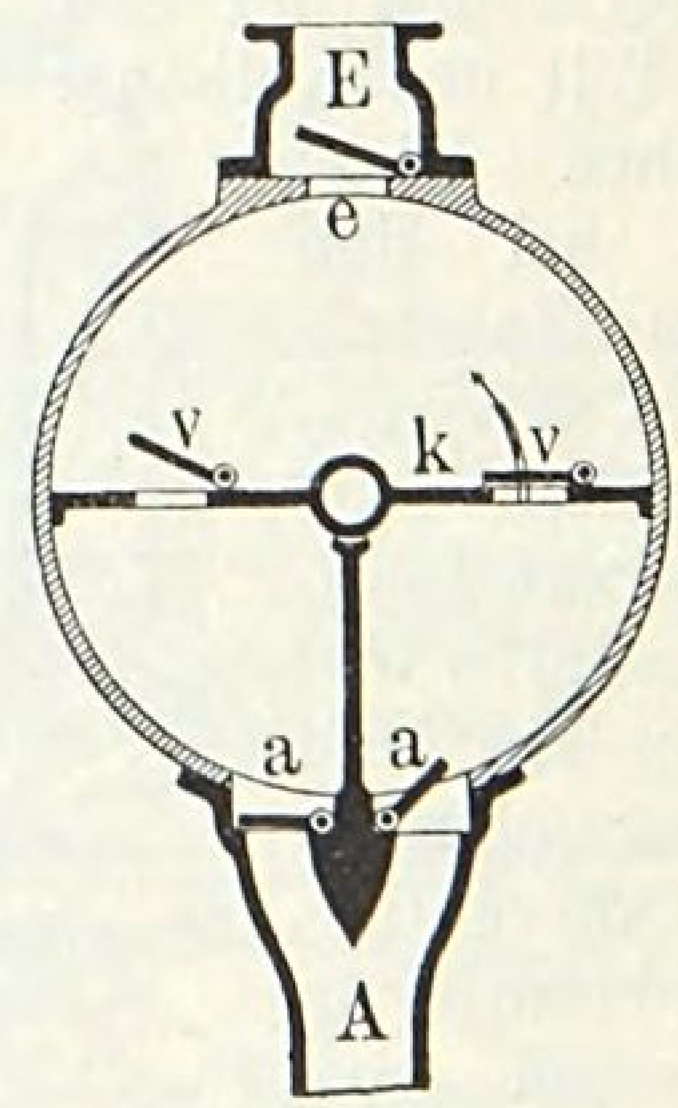


Fig. 765.

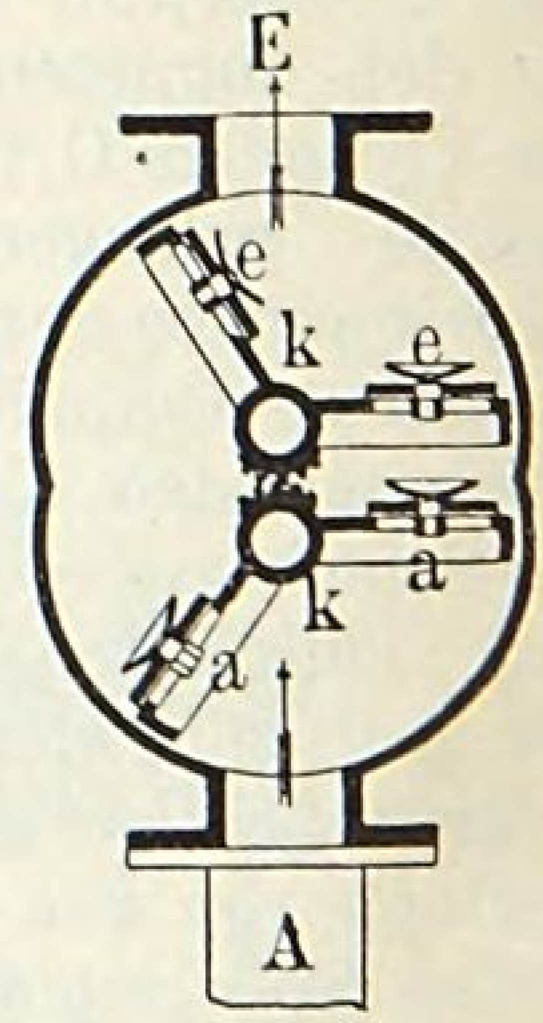


Fig. 766.

Kolben k, mit Ventil v und mit dem Saugventil a auf einer und dem Steigventil e auf der anderen Seite des Kolbens. — Eine doppelte Wirkung erhält man entweder durch Zusammenstellen zweier einflügeliger Pumpen oder durch Anwendung eines zweiflügeligen Kolbens (Fig. 765) mit zwei Saugventilen a, a und zwei Steigventilen v, v, die in dem durchbrochenen Kolben angebracht sind. Fig. 766 zeigt eine Anordnung mit zwei Kolben k k, mit zwei Zulassventilen a, a und zwei Druckventilen e, e. Die Schwingkolben sind durch Zahnräder in Eingriff gebracht, so dass sie sich stets entgegengesetzt bewegen und damit die mit dem Saugrohre A und dem Druckrohre E verbundenen Räume abwechselnd vergrössern und verkleinern.

3. Pumpen mit Drehkolben.

Die gewöhnlichen Pumpen mit hin- und hergehendem Kolben besitzen Übelstände, welche ihre Verwendbarkeit in vielen Fällen wesentlich beschränken. Zunächst ist es nicht rathsam, denselben bedeutende Kolbengeschwindigkeiten zu geben, wenn die infolge der Beschleunigung und Verzögerung der bewegten Massen bei den Hubwechseln entstehenden Stösse mit ihren nachteiligen Wirkungen vermieden werden sollen. Bei grossen Wasserförderungen sind deshalb den geringen Geschwindigkeiten entsprechend die Pumpen sehr gross auszuführen. Ferner bilden die bei diesen Pumpen unentbehrlichen Ventile eine Quelle mannigfaltiger Betriebsstörungen, da

sie häufig undicht werden oder durch feste vom Wasser mitgeführte Stoffe (Sand, Schlamm etc.) sich zu schliessen verhindert sind und versagen.

Obwohl durch Anordnung von Pumpen mit doppelter Wirkung, durch Anbringung von Windkesseln, durch schlussgesteuerte Ventile u. dergl. die genannten Übelstände eine erhebliche Minderung erfahren haben, so ist doch nicht zu verkennen, dass solche Pumpen grundsätzlich den Vorzug verdienen, bei welchen das Wasser in einem ununterbrochenen Strome gefördert wird, weil dadurch Geschwindigkeitsänderungen vermieden sowie Ventile überflüssig und damit die genannten Mängel ausgeschlossen werden. Da die Förderung des Wassers in einem ununterbrochenen Strome aber mit Drehkolben bewerkstelligt werden kann, so ist die Ausbildung des in der Anwendung von Drehkolben liegenden Prinzips leicht verständlich.

Ein in ein Gehäuse eingeschlossener, sich stetig drehender Kolben kann in mehrfacher Weise das Ansaugen und Heben, also die Förderung des Wassers bewirken.

Zunächst wird diese Wirkung dadurch hervorzubringen sein, dass der Drehkolben bei seiner Drehbewegung einen durch das Gehäuse abgeschlossenen Raum abwechselnd vergrössert und verkleinert, und dass dieser Raum während seiner Vergrösserung mit der Saugleitung und während seiner Verkleinerung mit der Steigleitung in Verbindung gebracht wird, wobei der Kolben auf das Wasser nur einen Druck ausübt und dasselbe grundsätzlich mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit in Bewegung erhält.

In einer anderen Weise entsteht die Wirkung dadurch, dass der Kolben infolge seiner Drehung nebst dem Drucke noch eine Zentrifugalkraft in Thätigkeit setzt, welche dem Wasser eine Beschleunigung, also eine lebendige Kraft erteilt, die ausreicht, um die der Förderung entgegenstehende Hindernisse zu überwinden.

Diesen grundsätzlich verschiedenen Wirkungsweisen entsprechend teilt man die Drehkolbenpumpen auch zweckmässig in zwei Klassen, indem man die erste Klasse kurzweg Rotationspumpen und die zweite Zentrifugalpumpen nennt.

a. Rotationspumpen.

Bei der Anordnung der Rotationspumpen ist die Bedingung gestellt, den Saugraum von dem Druckraum getrennt zu halten und durch die Bewegung des Kolbens den Saugraum stetig zu vergrössern und den Druckraum stetig zu verkleinern, was dadurch zu erreichen ist, dass der Saugraum in dem Augenblicke, in dem er seine Maximalausdehnung erlangt hat, in den Druckraum umgewandelt, also gewissermaassen umgewechselt wird. Erfolgt diese Umwechselung pauselos, so findet eine ununterbrochene Wasserförderung statt.

Zur Hervorbringung dieser Umwechselung und der damit zu verbindenden Raumveränderungen sind zwar zahlreiche Einrichtungen ersonnen und mannigfaltige Ausführungsformen vorgeschlagen, allein nur wenige haben eine und dann auch nur geringe Verbreitung gewonnen, und diese lassen sich wesentlich auf zwei Grundformen zurückführen.

Bei der einen Grundform befindet sich in dem cylindrischen Pumpengehäuse C (Fig. 767) ein walzenförmiger Drehkörper a exzentrisch zu

der Achse des Gehäuses C so gelagert, dass derselbe mit Hilfe des Cylinderwandstreifens c die Saugleitung A von der Druckleitung E auch während seiner Umdrehung getrennt hält. In diesem Drehkörper sind zwei plattenförmige Kolben k, k untergebracht, die sich radial nach beiden

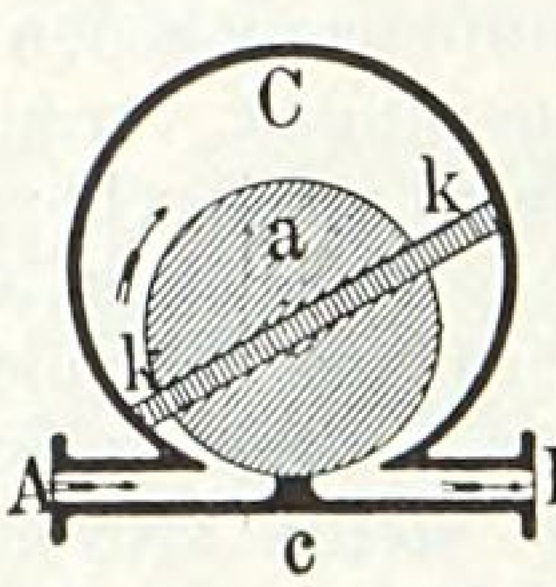


Fig. 767.

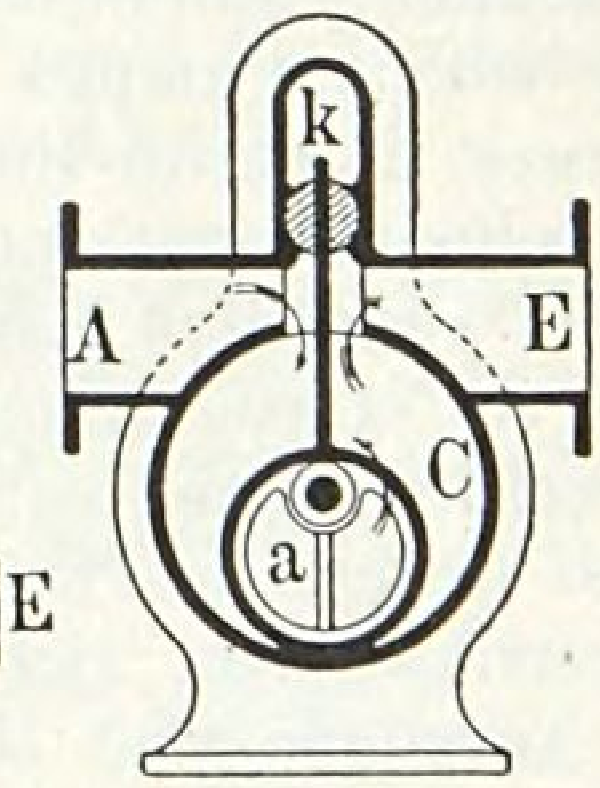


Fig. 768.

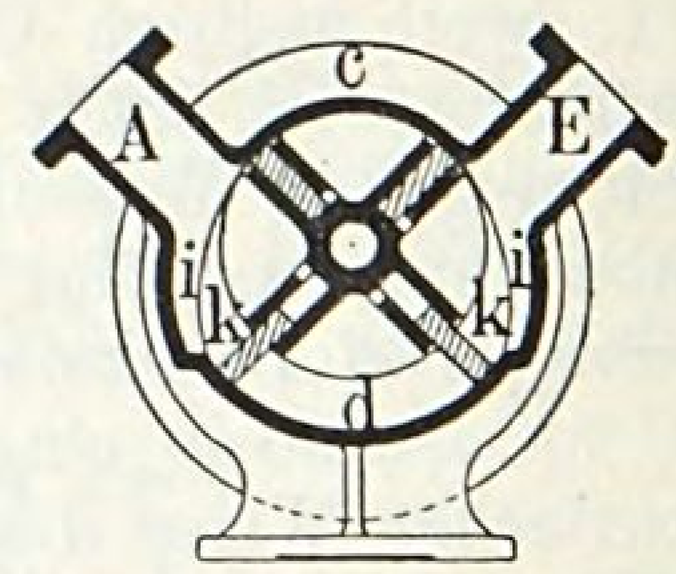


Fig. 769.

Seiten verschieben können und dichtend an die Cylinderwand sich anlegen, z. B. durch eingelegte Federn. Infolge der Drehung des Drehkörpers a in der Richtung des Pfeiles tritt nun zunächst eine Vergrösserung des Saugraums und eine Verkleinerung des Druckraums, sowie ein Umwechseln des Saugraums in den Druckraum jedesmal in dem Augenblicke ein, wo eines der beiden Kolben den Wandstreifen c passirt.

Die in Fig. 768 skizzirte Konstruktion ist von der vorigen nur dadurch verschieden, dass der Drehkörper a exzentrisch unter fortwährender Berührung mit der Wand des Gehäuses C dreht und die Raumveränderung nebst Umwechselung bewirkt, während die Trennung der Saugleitung A von der Druckleitung E durch eine Platte k erfolgt, die nach Art der Exzenterstange a (Fig. 80 S. 43) mit dem Drehkörper a verbunden und, um die Schwingungen zu ermöglichen, durch ein schwingendes Cylinderstück hindurch gesteckt ist.

Fig. 769 zeigt eine Rotationspumpe (S a m a i n) mit einem kreuzförmigen Drehkörper, in dem vier radial verschiebbare Kolben k angebracht sind, welche je zwei mit quer durch die Welle gehenden Zapfen gegen einander stossen, und deren Führungen zur Verhinderung der Luftkompression durch Löcher mit dem Pumpenraum in Verbindung stehen. Die Wandteile c und d laufen konzentrisch zur Welle, so dass sich die Kolben während der Saug- und Druckperiode nicht verschieben, beim Übergang von einem zum anderen Cylinderstücke aber an Leisten i Führung erhalten.

Die zweite Grundform weist ein Gehäuse aus zwei symmetrischen Cylinderteilen auf, in welchem z w e i parallele Wellen gelagert sind, die zahnradförmig ausgebildete sich gegenseitig abwälzende Drehkörper a und b (Fig. 770) aufnehmen, welche in der Pfeilrichtung gedreht, erst den Saugraum vergrössern, dann eine Portion des eingetretenen Wassers abreissen, darauf diese Portion in den Druckraum schieben und durch Verkleinern des letzteren weiter fördern. Die kapselartige Umhüllung der Kolben hat diesen Pumpen den Namen K a p s e l p u m p e n gegeben.

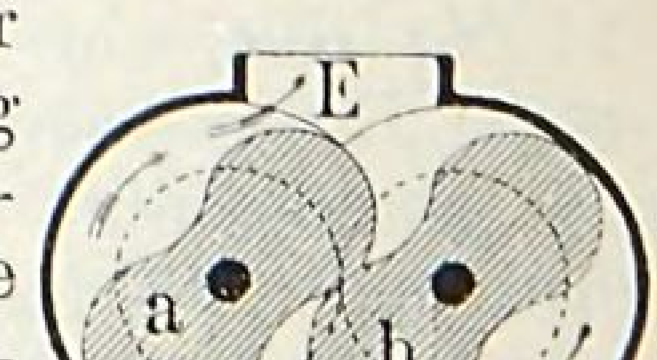


Fig. 770.

Die zahlreichen von der Grundform abweichenden Kapselpumpen unterscheiden sich wesentlich nur durch die Zahl und Form der Zähne, die nach den Regeln der Verzahnung (S. 59) auszubilden sind, wie ohne weiteres aus

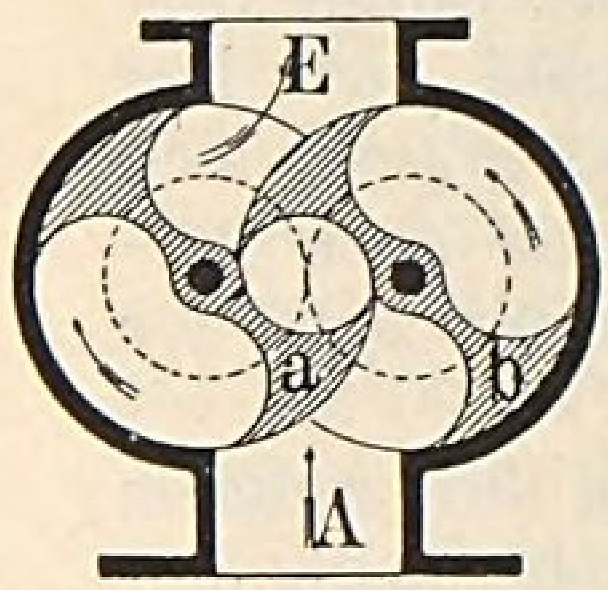


Fig. 771.

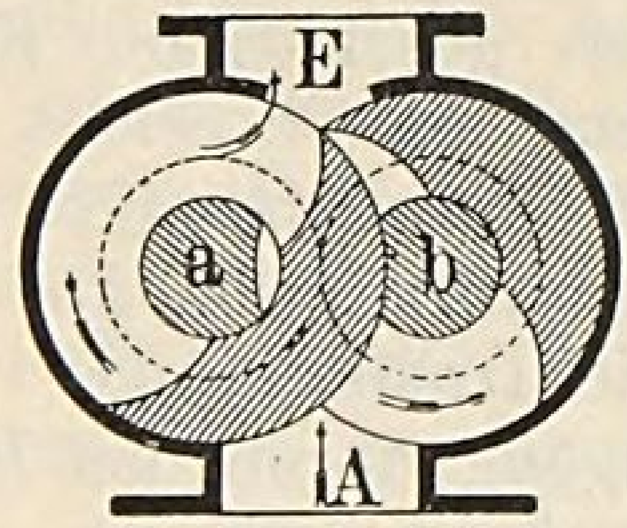


Fig. 772.

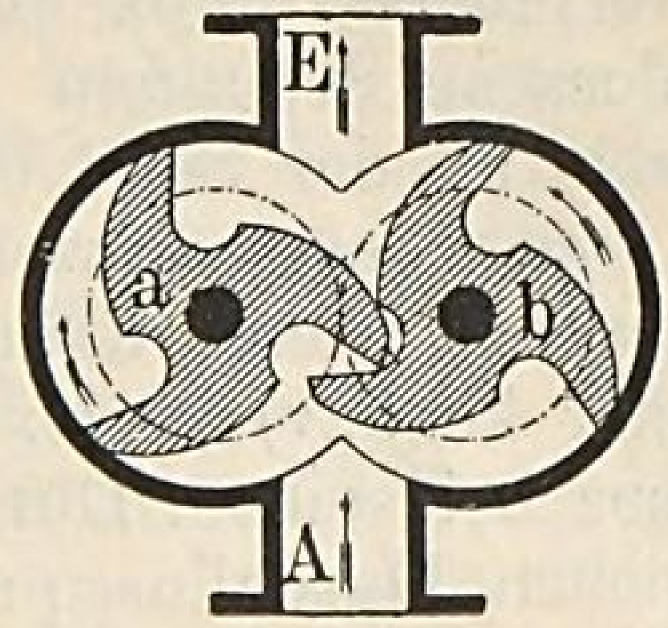


Fig. 773.

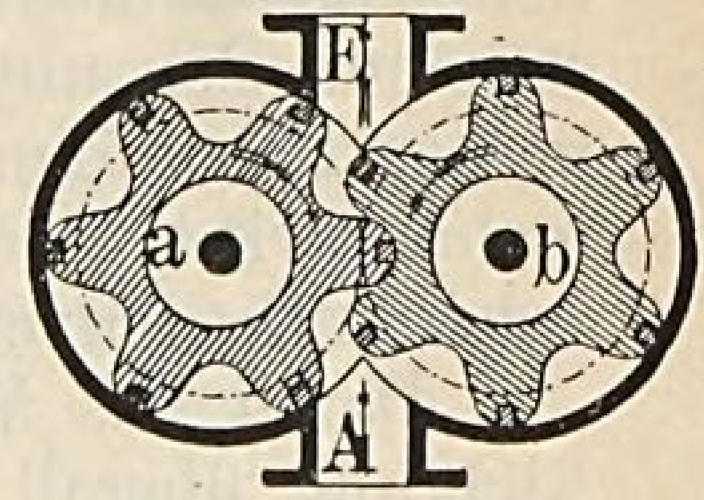


Fig. 774.

der Zusammenstellung Fig. 771, 772, 773, 774 von zweizähnigen und mehrzähnigen Kapselpumpen zu erkennen.

Naturgemäss werden die Rotationspumpen von einer Transmission angetrieben, und zwar die Kapselpumpen mit zwei bis vier Zähnen mit Hilfe von Zahnradvorgelegen, während bei einer grösseren Anzahl von Zähnen der Zahneingriff zur Mitnahme genügt.

b. Zentrifugalpumpen.

Die Zentrifugalpumpen kommen dadurch zur Wirkung, dass das zu fördernde Wasser den Kanälen eines drehenden Rades zugeleitet und von den Wänden dieser Kanäle infolge eines auf dasselbe ausgeübten Druckes fortgetrieben wird, der die lebendige Kraft hervorbringt, welche das Wasser durch die Drehung des Rades, also durch die Zentrifugalwirkung erhält. Das Wesentliche einer Zentrifugalpumpe besteht demnach in dem mit entsprechenden Kanälen ausgestatteten Rad, dem Gehäuse, welches das Rad umschliesst, und den Leitungen, welche das Wasser zu und ableiten, nebst den Vorrichtungen zum Antriebe des Rades.

Da die Wasserförderung auf Geschwindigkeitszunahme beruht, die von der Zentrifugalkraft hervorgebracht wird, so ist der Einlauf des Wassers in der Mitte des Rades anzubringen und an diesen Einlauf unmittelbar das Kanal- oder Schaufelsystem anzuschliessen, welches das Wasser forttreibt und dem Steigrohre übergiebt, das zu diesem Zwecke das am Umfange des Rades austretende Wasser aufnimmt und soweit fortführt, als die Aufzehrung der lebendigen Kraft bedingt. Bei der Anordnung des Weges, den das Wasser durch die Leitung und die Radkanäle nimmt, ist vor allem darauf zu sehen, dass keine störenden Wirkungen eintreten und die Geschwindigkeitsänderungen allmählich stattfinden können, weshalb nicht nur so viel wie möglich plötzliche Bewegungsrichtungsänderungen zu vermeiden, sondern auch passende Formen für die Kanäle zu wählen sind.

In Bezug auf den Wassereintritt ist zu bemerken, dass derselbe an einer oder an beiden Seiten des Schaufelrades erfolgen kann, und dass demzufolge das Rad ein- oder doppelseitig mit Kanälen versehen ist (*Zentrifugalpumpen mit einseitigem und zweiseitigem Einlauf*).

Die Bildung der Kanäle erfolgt nach Art der Turbinen durch Schaufeln, welche von der Achse des Grundkörpers (Scheibe oder Rad) nach der Peripherie verlaufen und zwar geradlinig, einfach gekrümmt oder Schraubenlinien bildend, sodann mit gleichbleibender Breite oder nach der Peripherie sich verjüngend. Da ausserdem das Schaufelrad durch zwei Seitenwände abgeschlossene Schaufeln also geschlossene Kanäle oder frei stehende Schaufeln also an der Seite offene Kanäle erhält, so ergiebt sich in der Schaufelung eine bemerkenswerte Mannigfaltigkeit, die noch vermehrt wird durch verschiedene Krümmungskurven und die Lage der Schaufeln (konvex oder konkav) gegen die Drehrichtung.

Damit das Wasser bei seinem Durchgang durch das Rad in radialer Richtung überall gleichen Durchflussquerschnitt vorfindet, giebt man den Kanälen eine Verjüngung nach der Peripherie, die passend im umgekehrten Verhältnisse zu der Entfernung von der Drehachse steht, und des guten Durchflusses wegen den Schaufeln in der Regel eine gegen die Drehrichtung gerichtete konvexe Krümmung, wie bei Reaktionsturbinen (S. 672). In einzelnen Fällen verlaufen die Schaufeln in langen Spiralen.

Der zentrische Einlauf des Wassers findet fast ausnahmslos ohne Leitschaufeln statt; ist derselbe einseitig, so presst das Wasser mit seinem Drucke das Rad in der Achsenrichtung und erzeugt in der Lagerung entprechende Reibung, weshalb grössere Räder gewöhnlich einen zweiseitigen Einlauf erhalten, bei dem die Pressungen sich aufheben. Selbstverständlich beschränkt sich der achsiale Druck bei Rädern mit geschlossenen Kanälen nur auf die innere freie Radfläche, weshalb schon aus diesem Grunde bei Pumpen mit einseitigem Einlauf geschlossene Kanäle den Vorzug verdienen, ganz abgesehen von dem allgemeinen Vorteile dieser Anordnung, der dadurch entsteht, dass das Wasser sich dabei nicht an der stillstehenden Gehäusewand, sondern nur an gleich bewegten Kanalwänden, demnach mit geringeren Widerständen zu bewegen hat.

Das Gehäuse hat ausser der Aufnahme des Schaufelrades noch den Zweck, das aus dem letzteren austretende Wasser dem Druckrohre zuzuführen. Da es hierbei darauf ankommt, nach Möglichkeit unregelmässige Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen zu vermeiden, so erhält deshalb das Gehäuse eine solche Form, dass innerhalb desselben das überall mit gleicher Geschwindigkeit das Rad verlassende Wasser ohne Störung allmählich zum Druckrohre geführt wird. Diese Form entsteht, wenn der Durchflussquerschnitt im Gehäuse rechtwinklig zum Wasserstrom gleichmässig wie die eintretende Wassermenge vom Anfang des Gehäuses an zunimmt und in das Druckrohr übergeht, so dass das Gehäuse das Rad spiralförmig umgiebt.

Die Zentrifugalpumpen eignen sich namentlich zur Förderung grosser Wassermengen auf geringe Höhen, obwohl sie auch für kleinere Förderungen vielfach Anwendung finden, da sie ventillos und deshalb besonders einfach und befähigt sind, schlammiges, unreines Wasser zu fördern. Als grösste Förderhöhe kann etwa 10 *m* gelten, obwohl sie in einzelnen Anlagen hat auf 30 *m* gesteigert werden können. Pumpen mit einem Zuflussrohre von 50 *mm* Durchmesser erhalten bis 2000 Umdrehungen in der Minute, grosse Pumpen mit 450 *mm* Rohrdurchmesser etwa 600. — Um sie in Gang zu setzen ist erforderlich, das Saugrohr und das Gehäuse mit Wasser zu füllen, wozu eine Wasserleitung etc. verwendet werden kann,

wenn das Saugrohr ein Fussventil besitzt. Steht Dampf zur Verfügung, z. B. bei der sehr oft vorkommenden Benutzung einer Lokomobile, so empfiehlt sich die Anbringung eines Dampfstrahlers, der auf dem Gehäuse steht und nur eine Abschlussklappe im Druckrohre notwendig macht.

Die Aufstellung der Zentrifugalpumpen erfolgt wie bei den Turbinen entweder mit aufrechter oder mit liegender Achse. Die liegende Aufstellung ist die gebräuchlichste, während die Zentrifugalpumpen mit aufrechter Achse, sogen. Kreiselpumpen, nur selten zur Anwendung gekommen sind, obwohl sie sich vorzüglich zum Heben grosser Wassermengen auf geringe Förderhöhe, also bei Entwässerungen von Ländereien, Auspumpen von Baugruben, bei Kanalisationsarbeiten u. dergl. eignen.

Fig. 775 zeigt eine viel gebrauchte Anordnung (Grove) einer Zentrifugalpumpe mit einseitigem Einlauf A. Das Schaufelrad R besteht aus einer Scheibe mit 6 offenen Schaufeln s, welche an einer Seite an der Gehäusewand rotiren und nach Kreisbögen gekrümmt sind, deren Radius r und Lage so gewählt ist, dass günstige Ein- und Austrittswinkel ($\alpha = 22^0$ und $\beta = 17^0$) entstehen. Das Rad sitzt auf dem Ende der Welle w, die mittels Stopfbüchsen gelagert und von einer Riemenscheibe mit 620 Umdrehungen in der Minute angetrieben wird.

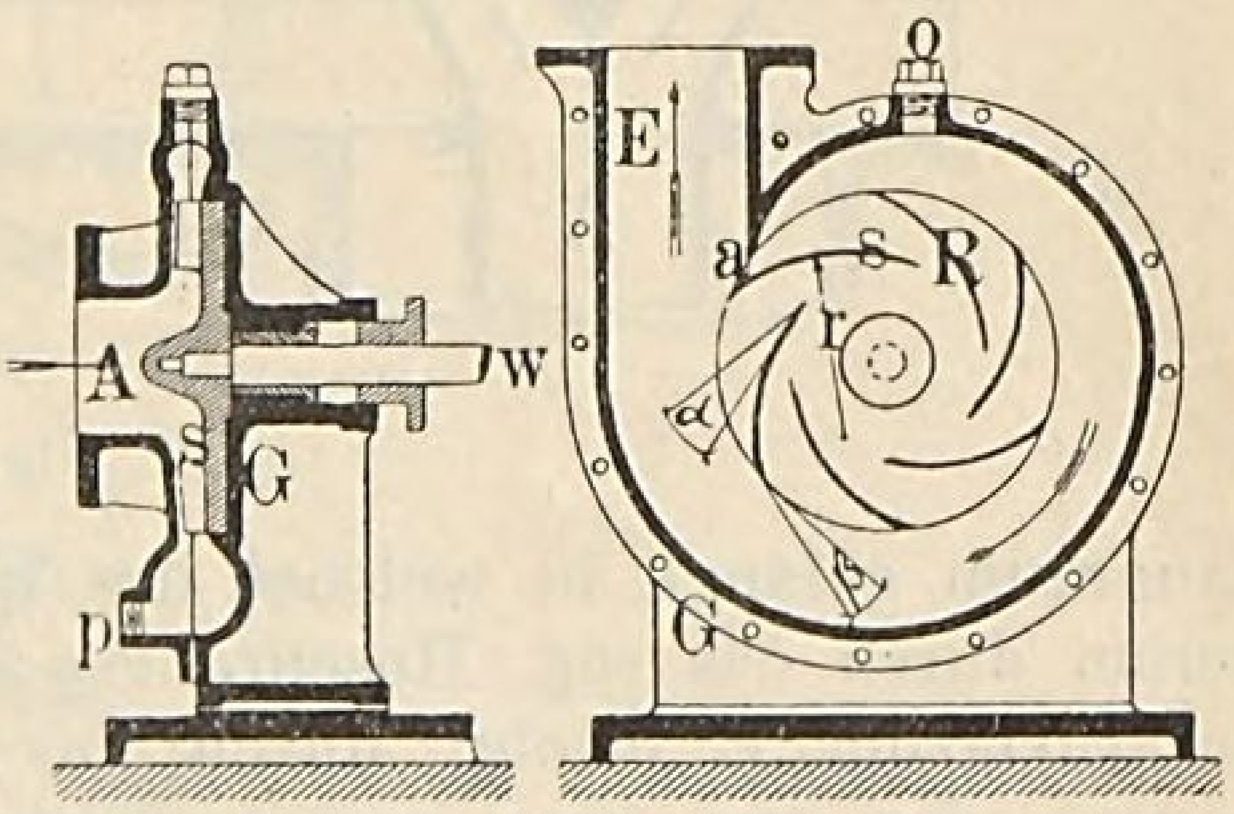


Fig. 775.

Das aus zwei Teilen zusammengesetzte Gehäuse G schliesst sich mit dem Stutzen A an die Saugleitung und dem Stutzen E an die Druckleitung an. Das Innere desselben verläuft, von a beginnend und sich zum Austritte allmählich erweiternd, spiralig, womit die oben erwähnte gleichförmige Bewegung des Wassers gesichert ist. Zum Füllen des Gehäuses dient die oben angebrachte Öffnung o, zum Leeren die untere p; beide durch Schrauben verschliessbar.

Die in Fig. 776 gezeichnete Zentrifugalpumpe weicht von der vorhergehenden hauptsächlich dadurch ab, dass das Schaufelrad R mit geschlossenen

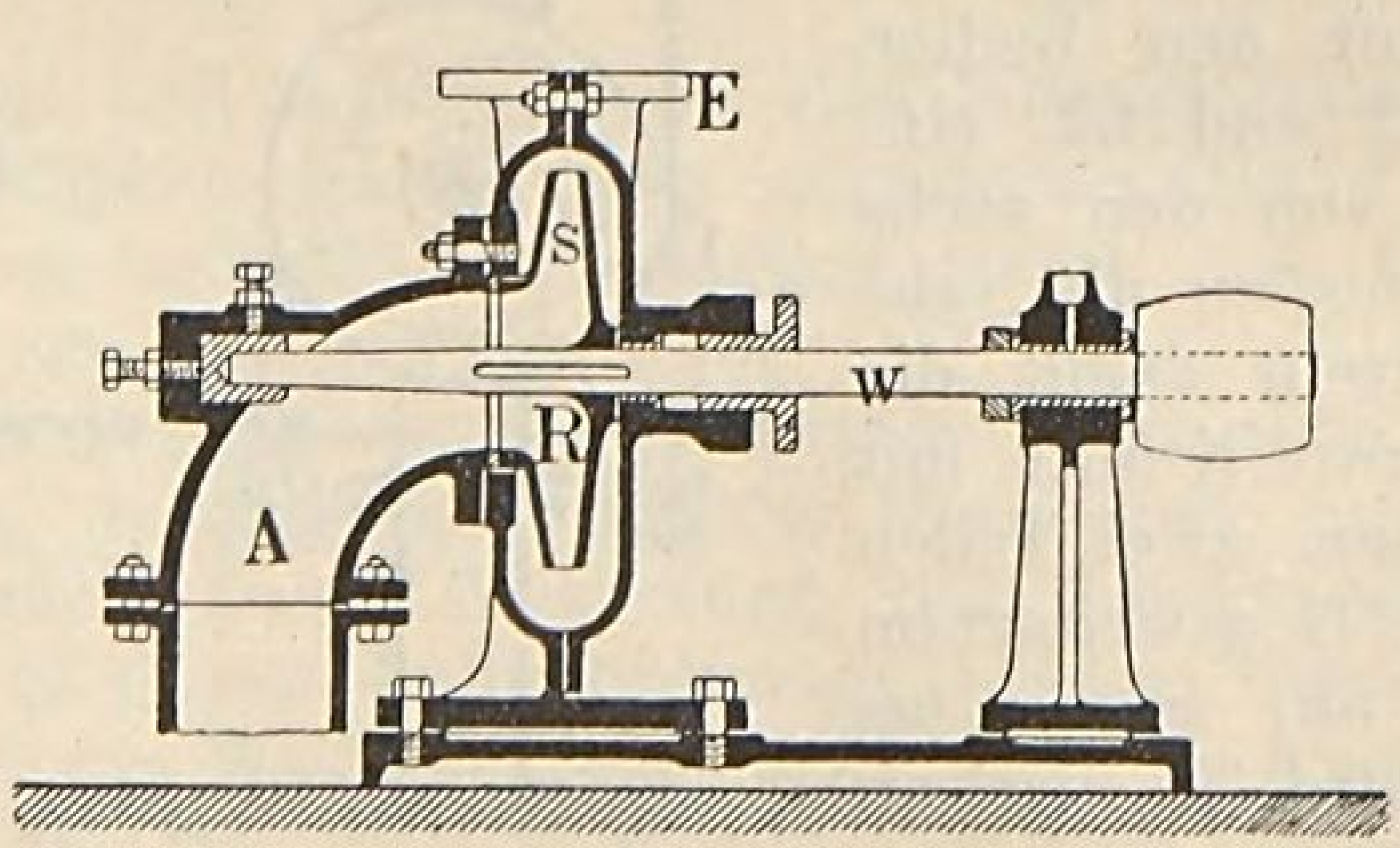


Fig. 776.

Kanälen s versehen und auf einer durchgehenden Welle w befestigt ist.

Ausserdem besteht das Gehäuse G aus drei Teilen, wovon der Teil A als Krümmling zur Aufnahme des Saugrohres ausgebildet ist.

Aus Fig. 777 geht eine häufig angewendete Konstruktion einer Zentrifugalpumpe mit zweiseitigem Einlauf hervor. Die Schaufeln s des Rades sitzen zwischen zwei gekrümmten Ringen, welche sich genau an das Gehäuse G G anschliessen, so dass das letzteres füllende Druckwasser nicht in den

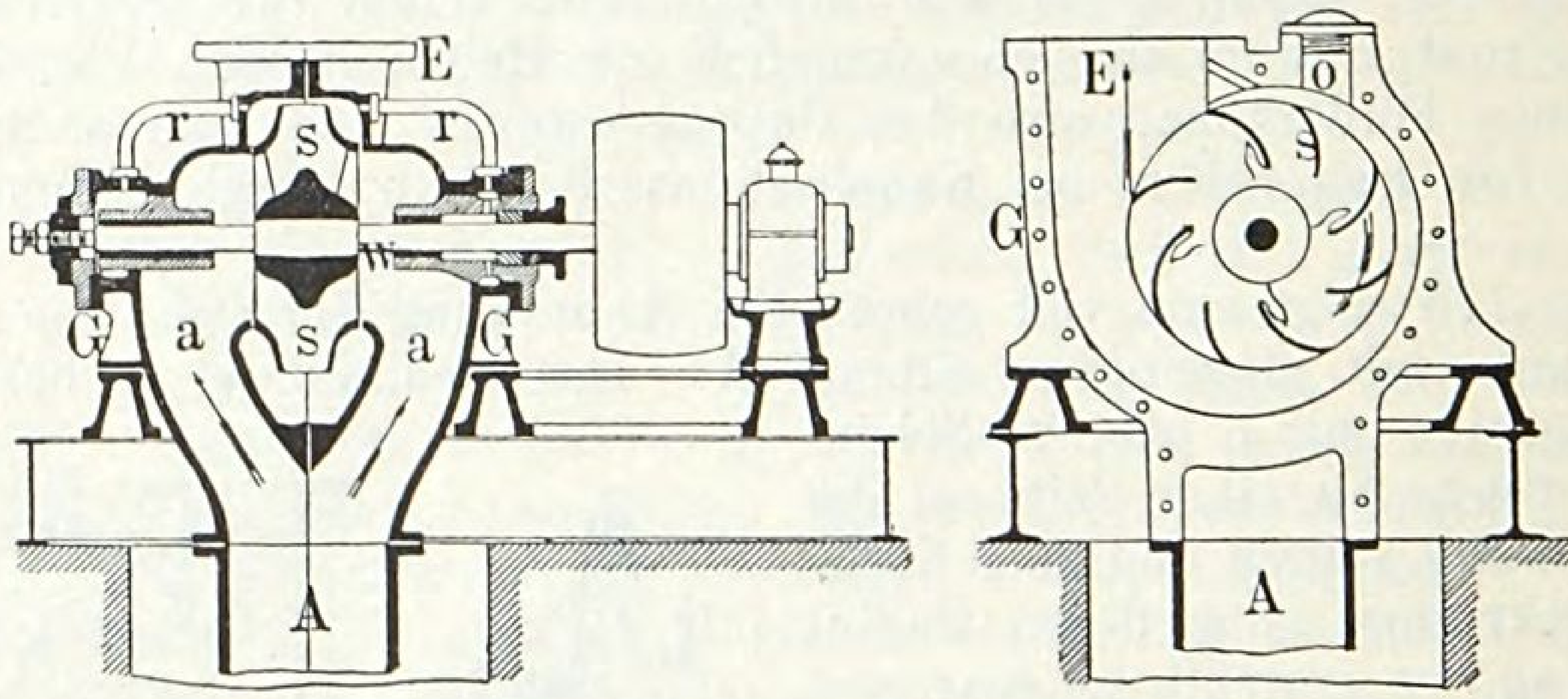


Fig. 777.

Saugraum gelangt, in welchen das Wasser aus dem Saugrohre A von beiden Seiten durch das sog. Hosenrohr a a eintritt. Der Austritt des Wassers in das Steigrohr E erfolgt durch das spiralförmig das Rad umgebende Gehäuse, das aus zwei symmetrischen Hälften zusammengeschraubt, mit Stopfbüchsenlagern, für die Welle w und mit einer Öffnung o zur Aufnahme eines Fülltrichters ausgestattet ist. Die Lager und die Welle liegen demnach im Saugraum; damit aber der Eintritt von Luft in den Saugraum durch die Lager ausgeschlossen ist, erhalten die letzteren zur völligen Abdichtung noch durch die Röhrchen r r eine Verbindung mit dem Druckraum.

In Fig. 778 ist eine Zentrifugalpumpe mit zweiseitigem Einlauf und Aufstellung über einem Kanal mittels Balkengerüst vor Augen geführt, deren 6 Radschaufeln so stark gebogen sind, dass sie an der äusseren und inneren Peripherie der Radkränze mit den Radien Winkeln von 64° und 62° einschliessen. Drei von den sechs Schaufeln gehen bis an die Nabe durch und vermitteln damit die Verbindung der zwei Kränze mit der Nabe. Das aus zwei Teilen gebildete Gehäuse G erweitert im Druckraum sich nur wenig bis zum Wasseraustritte E, ist an beiden Seiten mit Stutzen zur Aufnahme der Lager L L für die Radwelle w versehen und umfasst einen Saugraum a a für den zweiseitigen Eintritt des Wassers aus dem Saugrohre A.

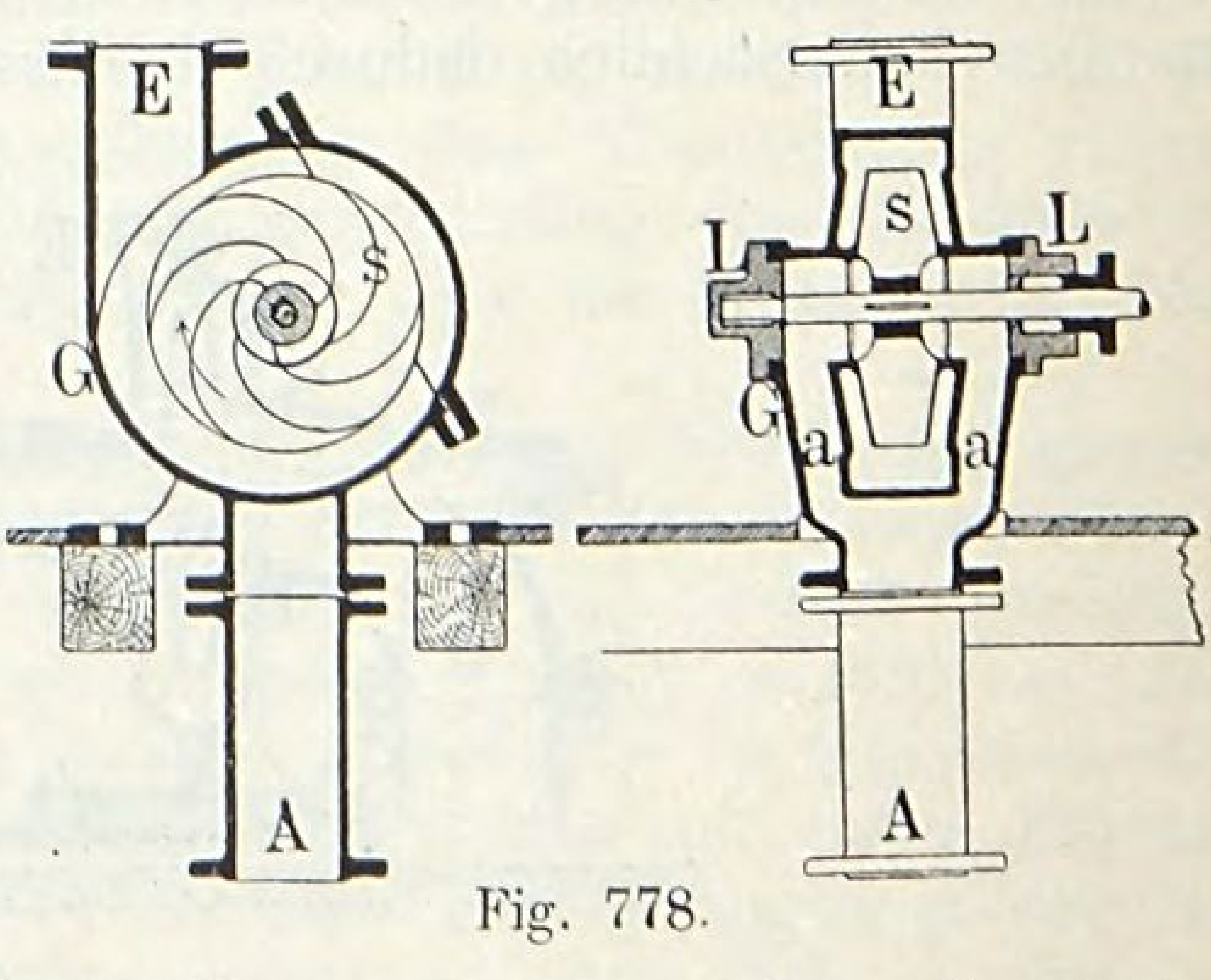


Fig. 778.

Eine neuerdings allgemein üblich gewordene Ausführung einer Zentrifugalpumpe mit stehender Welle geht aus Fig. 779 hervor. Der einseitige zentrale Einlauf erfolgt durch das Saugrohr A, in welches das Wasser von

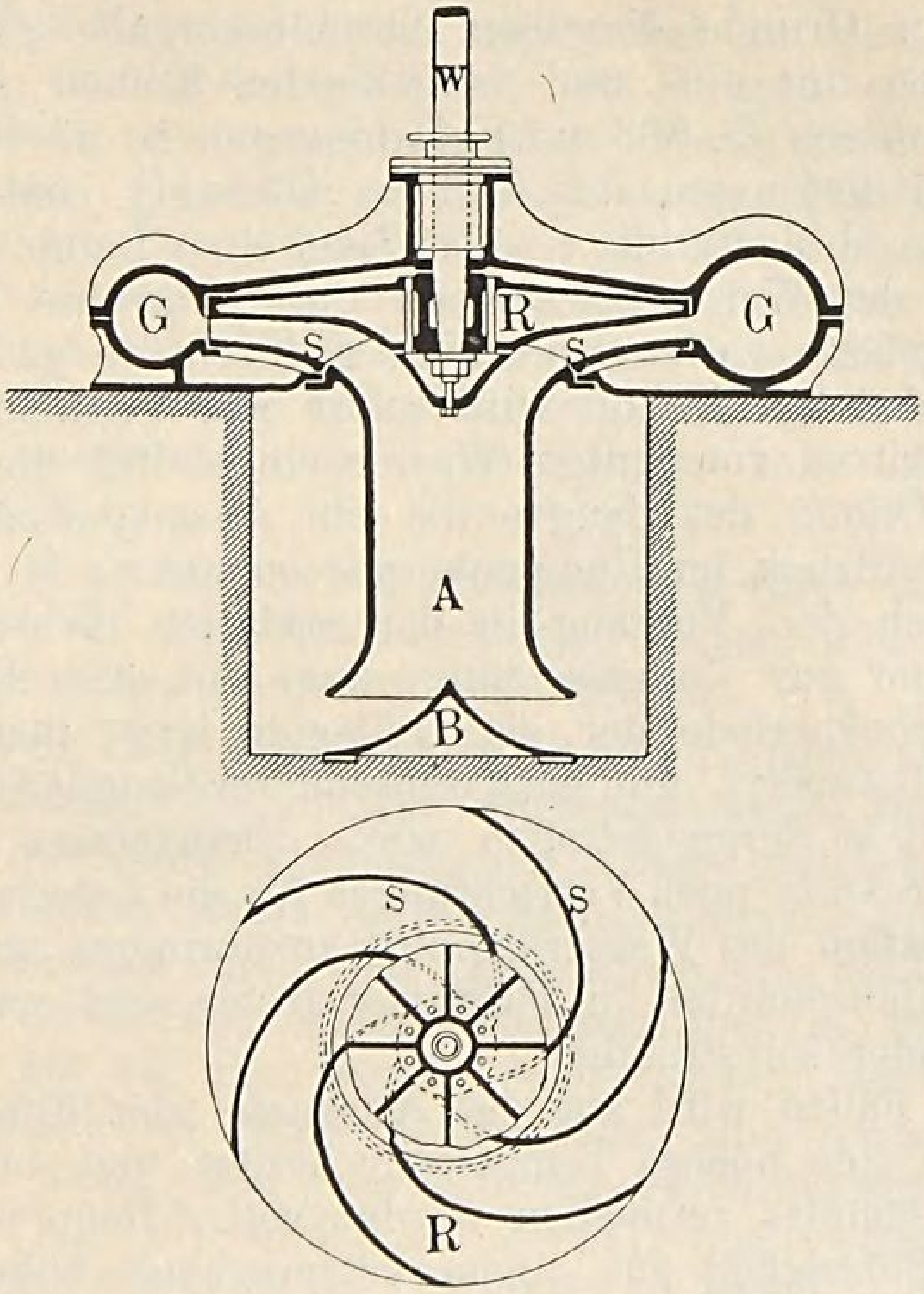


Fig. 779.

einem Kegel B geführt, eintritt. Die geschlossenen Schaufeln s s bilden mit dem Rade R ein Ganzes, das auf der Antriebswelle w festsitzt, die von einer Riemenscheibe angetrieben wird. Das Gehäuse G G verläuft spiralförmig, wie in Fig. 739 angegeben, so dass das Wasser horizontal tangential austritt.

2. Dampfsaug- und druckpumpen.

Die Dampfsaug- und druckpumpen sind Flüssigkeitshebevorrichtungen, die dadurch in Thätigkeit treten, dass gespannter Dampf unmittelbar auf die in einem Gefässe befindliche Flüssigkeit presst und diese dadurch in das Steigrohr und zur Förderstelle treibt.

Der Natur des Wasserdampfes entsprechend kann man sich entweder darauf beschränken, durch Benutzung der Spannkraft nur die Flüssigkeit zu heben, oder auch unter Mitwirkung der Kondensationsfähigkeit des Wasserdampfes (S. 279) eine Luftverdünnung in dem Wassergefässe hervorrufen und hiedurch das Wasser ansaugen (S. 832), so dass der Dampf entweder nur zum Fortdrücken oder auch zum Ansaugen verwendet wird. Nach dieser Wirkungsweise sind zu unterscheiden einfache Dampfdruckpumpen und Dampfsaug- und druckpumpen. Da die Thätigkeit

dieser Pumpen nicht die Bewegung von Kolben voraussetzt, so nennt man sie auch wohl kolbenlose Pumpen.

Die Wirkung des Dampfes stimmt insofern mit derjenigen eines Kolbens überein, als das Pumpengefäss abwechselnd gefüllt und geleert wird, und macht aus diesem Grunde dieselben Abschlussorgane notwendig, welche bei Kolbenpumpen mit hin- und hergehenden Kolben zum Pumpenspiel vorhanden sein müssen (S. 833 u. f.) Dahingegen ist die Form des Pumpenkörpers nicht von derjenigen des Kolbens abhängig und aus besonderen Gründen in der Regel birnförmig. — Das Spiel einer Dampfsauge- und druckpumpe erfolgt in der Weise, dass zuerst der gespannte Wasserdampf das in dem Pumpengefässe vorhandene Wasser durch ein geöffnetes Steigventil in das Steigrohr drückt. Darauf wird sofort eine Verdichtung des Dampfes z. B. durch Einspritzen von kaltem Wasser eingeleitet, die von dem Augenblicke an unter Öffnen des Saugventils ein Ansaugen zur Folge hat, in welchem ein Unterdruck im Pumpenkörper entsteht. Ist letzterer gefüllt, so wiederholt sich der Vorgang in der erklärten Weise. Der Vollzug desselben hat daher zur Voraussetzung, dass mit dem Beginn und dem Abschluss der Druckperiode der als treibende Kraft thätige Wasserdampf zugelassen und abgesperrt, und dass während der Saugperiode für genügende Abkühlung desselben Sorge getragen wird. Demgemäss sind ausser den Wasserabschlussorganen noch Vorrichtungen für die Zuleitung und Steuerung und zur Kondensation des Wasserdampfes anzubringen, welche in bestimmt abgemessenen Zeitabschnitten in Thätigkeit treten und zwar entweder von Hand gesteuert oder selbstthätig.

In manchen Fällen wird auf das Ansaugen der Flüssigkeit verzichtet z. B. wenn diese eine höhere Temperatur besitzt und behalten sowie die Abkühlung des Dampfes vermieden werden soll. Dann ist es erforderlich, die zu hebende Flüssigkeit aus einem entsprechend höher gelegenen Behälter in das Pumpgefäss einfliessen und den Dampf unverdichtet ausströmen zu lassen. Solche Anordnungen bilden die einfachen Dampfdruckpumpen.

Da es nicht angeht in einem Gefässe durch unmittelbare Wirkung des gespannten Dampfes gleichzeitig anzusaugen und fortzudrücken, so sind die in Rede stehenden Pumpen stets nur einfach wirkend. Eine ununterbrochene Wirkung lässt sich nur durch Verbindung zweier einfach wirkenden Pumpen erreichen, die eine gemeinschaftliche Dampfleitung besitzen, an ein einziges Saugrohr sowie an ein einziges Steigrohr angeschlossen sind und abwechselnd d. h. in der Weise in Gang gesetzt werden, dass die eine saugt während die andere drückt.

Die einfachen Dampfdruckpumpen finden zahlreiche Verwendung zum Heben von Flüssigkeiten aller Art, namentlich wenn die letzteren zugleich erwärmt zur Anwendung kommen sollen z. B. in Zuckerfabriken zum Heben des Zuckersaftes, in Färbereien zum Heben der Farbebrühen, in Bleichereien zum Heben der Bleich- und Waschflüssigkeit, in Bädern zum Transport des Badewassers, in chemischen Fabriken zur Förderung von Laugen, Säuren u. dergl. unter der Voraussetzung, dass diese Flüssigkeiten mit Wasserdampf in Berührung kommen dürfen und dass die Materialien, aus welchen die Pumpen nebst ihren einzelnen Teilen hergestellt werden, den Förderflüssigkeiten gegenüber sich indifferent verhalten, in Brauereien, Papierfabriken zum Entfernen von Abwässern, in Gerbereien zum Heben heisser

Lohbrühe, bei Bauten zum Auspumpen der Baugrube, in Bergwerken als Wasserhaltungsmaschine, insbesondere auch zum selbstthätigen Speisen von Dampfkesseln u. s. w.

Diese vielseitige Verwendung ist namentlich auf den Umstand zurückzuführen, dass die unmittelbare Wirkung des Dampfes alle Kolben und die mit diesen notwendig zusammenhängenden bewegenden und dichtenden Teile (Kolbenstangen, Exzenter etc., Kolbenringe, Stopfbüchsen u. s. w.) umgeht, und dass die Pumpen selbst sehr einfach sind sowie grosse Bequemlichkeit in der Aufstellung und Wartung darbieten. Wesentlich beeinträchtigt wird nur ihre Verwendung wegen des geringen Nutzeffektes gegenüber den Transmissions- und Dampfpumpen, da die Art, in welcher die Dampfenergie ausgenutzt wird, naturgemäss sehr erhebliche Verlustquellen in sich trägt.

Entsprechend ihrer zahlreichen Anwendungsformen haben die Dampfdruckpumpen nicht nur die verschiedensten Grössen und Formen, sondern auch mehrfache besondere Benennungen erhalten.

Der Saftheber oder Monte-jus ist eine einfache Dampfdruckpumpe zum Heben der Zuckersäfte in den Zuckerfabriken. Der Pumpenkörper desselben besteht aus einem cylindrischen aufrechtstehenden geschlossenen Behälter, dessen innerer Raum durch Rohrleitungen einerseits mit dem Saftbehälter, andererseits mit dem Dampferzeuger, beziehungsweise der Dampfleitung in Verbindung steht, während das in der Cylinderachse liegende Steigrohr bis auf den Boden des Cylinders reicht und ein auf dem oberen Cylinderdeckel angebrachtes Rohr zum Ausströmen des gebrauchten Dampfes dient. Die erforderlichen Abschlussorgane bestehen aus einfachen Hähnen (Fig. 170 und 172, S. 117) und werden mit der Hand gesteuert. Um diesen Saftheber in Thätigkeit zu setzen, öffnet man zunächst bei geschlossenem Dampfzulassrohr und geöffnetem Dampfauslassrohr den Hahn des Saftrohres, bis der Kessel gefüllt ist. Darauf schliesst man das Saftrohr sowie das Dampfauslassrohr und öffnet das Dampfzulassrohr solange, bis der Saft durch das mit einem selbstthätigen Ventil versehene Steigrohr fortgedrückt ist, worauf eine neue Füllung beginnt u. s. w.

Dieser Saftheber kann zugleich als Vorbild zahlreicher Ausführungen für andere Zwecke angesehen werden. Um denselben auch zum Heben von Flüssigkeiten brauchbar zu machen, deren Berührung mit dem Wasserdampf vermieden werden muss, trifft man dieselbe Einrichtung, welche bei der Membranpumpe, Fig. 747 S. 811, beschrieben ist, indem man den Dampf auf Wasser pressen lässt, welches die Membran hinausdrückt, und infolge der Kondensation des Dampfes und der dadurch hervorgerufenen Saugwirkung die Membran unter gleichzeitigem Ansaugen der Flüssigkeit wieder nach der anderen Seite wölbt.

Zu derselben Gattung von Dampfdruckpumpen gehören auch diejenigen Dampfkesselspeiseapparate (S. 353 u. f.), welche unter dem Namen retour d'eau (Fig. 349 S. 354) und Hydrotroph (S. 354) und Cohnfeld'scher Speiseapparat (S. 355) bereits beschrieben wurden und infolge einer Wasserdampfverdichtung Wasser in einen besonderen Behälter saugen, der dasselbe dem Kessel zuführt, nachdem derselbe durch entsprechende Steuerungen mit dem Dampfraum des Kessels in Verbindung gesetzt und damit eine Spannungsausgleichung hergestellt ist. — Auf gleichem Prinzip beruhen

die meisten Dampfwasserableiter (S. 146), soweit das zusammengelaufene Wasser mit Hilfe des gespannten Dampfes fortgedrückt wird.

Die ausgedehnteste Verwendung und dementsprechend vollkommenste Ausführung der Dampfsaug- und Druckpumpen weisen diejenigen auf, welche den Namen Pulsometer (Pulsopumpen) erhalten haben. Wie aus Fig. 780 hervorgeht, besteht ein gewöhnlicher Pulsometer aus zwei Kammern B und C, einem Saugraum A, einem Druckraum D und einem Windkessel W, nebst den Saugventilen b und c, Druckventilen d und e, sowie einem Fussventil a und einem Dampfzuführungsrohre d mit Steuerkugel u. Die Ventile sind Klappenventile (Fig. 139 S. 100) aus Kautschuk mit durchbrochenen Fangtellern und in leicht zugängigen Gehäusen angebracht. Sind sämtliche Räume nun mit Wasser gefüllt und wird das Dampfzugangsventil der Dampfleitung d geöffnet, so strömt gespannter Dampf bei der gezeichneten Lage der Steuerkugel u in die Kammer C. Infolgedessen öffnet sich das Ventil e und lässt das Wasser aus dem Windkessel W in den Druckraum D eintreten, aus dem dasselbe durch das Druckrohr E auf eine Höhe gehoben wird, welche der Dampfspannung entspricht. Durch die Berührung des Dampfes mit dem in Wallung geratenden Wasser geht eine rasche Kondensation des Dampfes und die Bildung einer Luftverdünnung in der Kammer C vor sich, welche unter Mitwirkung der Luftventile v eine Umsteuerung der Kugel u und damit einen Dampfabschluss der Kammer C, sowie eine Dampfeinströmung in die Kammer B bewerkstelligt. Die Luftverdünnung in der Kammer C hat sodann ein Ansaugen des Wassers durch die Ventile a und c zur Folge, während sich gleichzeitig der eben erklärte Vorgang in der Kammer B wiederholt, so dass ein gleichzeitiges abwechselndes Saugen und Drücken also eine stetige Hebung des Wassers in schnell aufeinanderfolgenden Perioden (Pulsationen), hervorgebracht durch eine Dampfwirkung, das Wesen des Pulsometers bildet.

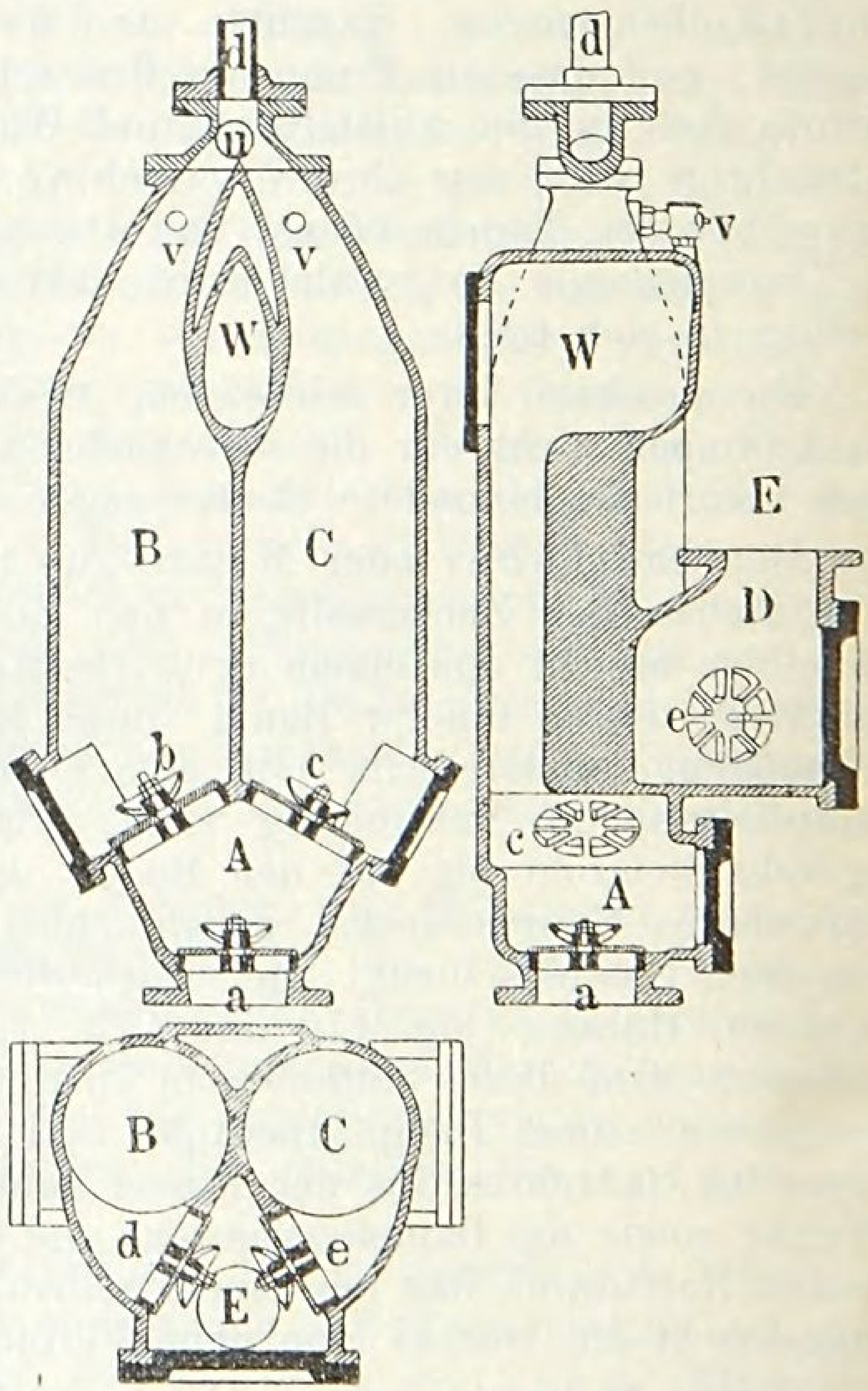


Fig. 780.

Während die Druckwirkung des Pulsometers von der Höhe und Beibehaltung der Dampfspannung abhängt, wird die Saugwirkung wesentlich durch eine rasche und möglichst vollständige Kondensation bedingt, weshalb, um die letztere zu fördern, gewöhnlich besondere Vorrichtungen zur

Anwendung kommen, mittels welcher Wasser in diejenige Kammer eingespritzt wird, in welcher die Verdichtung erfolgen soll. In einfachster Ausführung dienen dazu kleine Kanäle zwischen den Kammern und dem Druckkasten, die bei einem bestimmten Grade der Druckausgleichung Wasser durchlassen. Besonders haben sich Brausen nach Art der Einspritzkondensatoren (S. 455) nützlich erwiesen und deshalb häufig Anwendung gefunden, zumal, wenn sie zugleich eine Regelung des Einspritzwassers gestatten. — Zu den neuesten und zweckmässigsten Anordnungen dieser

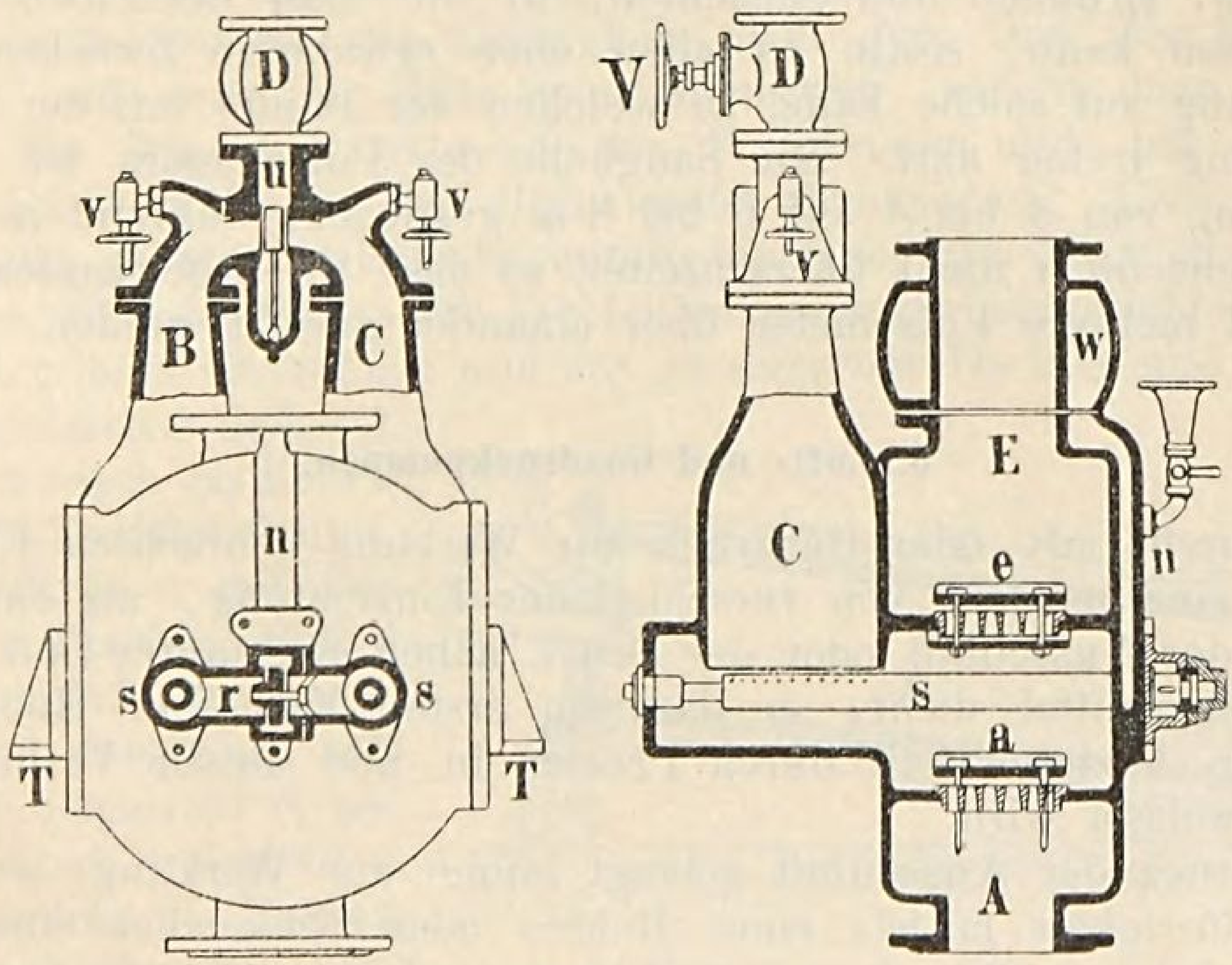


Fig. 781.

Art gehört der in Fig. 781 dargestellte sog. doppelwirkende Pulsometer (Körting). Man erkennt wieder in A den Saugraum, in B und C die zwei Kammern, in E den Druckraum, in w einen Windkessel, bei D die Dampfzuströmung mit dem Dampfzulassungsventil V, in a ein Saugventil, in e ein Druckventil, bei v und v Luftventile und bei T, T Pratzen zum Auflegen des ganzen Pulsometerkörpers auf eine Unterlage. Statt einer Steuerkugel ist dieser Pulsometer mit einer schwingenden Platte oder Zunge u ausgestattet, die sich abwechselnd auf den Mund von B oder C legt. Wesentlich ist an dieser Ausführung ein besonderes Verteilungsorgan r, in einem Quergehäuse, von dem einerseits zwei Einspritzröhren s, s nach den beiden Kammern B und C, andererseits ein Kanal n zu dem Windkessel w führt, so dass das Einspritzwasser diesem Windkessel entnommen wird. — Der Vorgang beim Betriebe findet nun folgendermassen statt. Wenn der Dampf das Wasser aus einer Kammer herausdrückt, so drückt er gleichzeitig durch die im Einspritzrohre s befindlichen Löcher Wasser an dem Verteilungsorgan r vorbei durch den Kanal n in den Windkessel w und schliesst zugleich die Einspritzung der anderen Kammer ab, in welcher die Luftleere gebildet ist. Sowie sich nun die erste Kammer entleert hat und eine Druckverminderung eintritt, beginnt in dieser die Einspritzung aus dem Windkessel und dauert so lange, bis der mittlerweile in der anderen Kammer entstandene Druck nunmehr in gleicher Weise diese

Einspritzung abschliesst und ein gleiches Spiel sich mit der anderen Kammer wiederholt, indem zugleich der Druckunterschied die Zunge u umlegt. Als Folge der beschriebenen Einrichtung hat sich eine sehr kurze Kondensationsperiode und damit eine rasche Umsteuerung des Pulsometers mit einer sehr nennenswerten Steigerung der Leistungsfähigkeit ergeben.

Der Pulsometer wird in einzelnen Fällen auch mit nur einer Kammer als einfacher Pulsometer ausgeführt.

Die Hauptverwendung findet der Pulsometer zum Heben von Wasser aus Gruben, Brunnen und Schächten, in die man denselben an Ketten herunterlassen kann, sowie zu allen oben erwähnten Zwecken, mit der Beschränkung auf solche Fälle, in welchen der Dampf mit der Flüssigkeit in Berührung treten darf. Die Saughöhe des Pulsometers ist mit seiner Verbesserung von 3 bis 4 auf 6 bis 8 *m* gestiegen, während in der Regel die Druckhöhe 50 *m* nicht überschreitet, so dass bei bedeutenderen Förderhöhen wohl mehrere Pulsometer über einander gesetzt werden.

3. Luft- und Gasdruckpumpen.

Die durch Luft- oder Gasdruck zur Wirkung gebrachten Flüssigkeitshebewerke sind insofern von verschiedener Einrichtung, als entweder nur der Druck der Aussenluft oder der Druck höher gespannter Luft oder Gase als Förderungsmittel dient, so dass im ersten Fall eine Hebung durch Saugen, im letzteren Fall durch Pressen in und ausser Verbindung mit Saugen veranlasst wird.

Der Druck der Aussenluft gelangt immer zur Wirkung, wenn die zu hebende Flüssigkeit mittels eines Rohres oder Schlauches einem Gefässe zugeführt wird, aus dem man mit Hilfe einer Luftpumpe die Luft aussaugt oder ausgesogen hat. Da letzteres Aussaugen an beliebiger Stelle vorgenommen werden kann, so ist die Möglichkeit gegeben, mit einer einzigen Luftpumpe der Reihe nach zahlreiche transportable Gefässe (eiserne Blechtonnen) luftleer zu pumpen, diese an die Gebrauchsstelle zu fahren, mit Flüssigkeit zu füllen und darauf dahin zu schaffen, wo die aufgenommene Flüssigkeit wieder entleert werden soll. Deshalb verwendet man diese Einrichtungen vielfach zum Entleeren von Gruben und Transportiren des Grubeninhaltes (Jauche etc.), obwohl auch ebenso oft das Aussaugen der Tonnen an der Schöpfstelle von einer Luftpumpe erfolgt, zu deren Antrieb eine Lokomobile (S. 565) dient.

Auf gleichem Prinzip beruhen Flüssigkeitsfördervorrichtungen, welche die Bestimmung haben, Flüssigkeiten über Erhöhungen hinwegzuleiten, indem sie aus zweischenkligen Röhren bestehen, wovon der eine kurze Schenkel in die Flüssigkeit taucht, während letztere aus dem anderen längeren Schenkel durch den auf die Flüssigkeit wirkenden Luftdruck zum Ablaufen gebracht wird. Um sie in Thätigkeit zu setzen ist nur erforderlich, das Rohr von der Luft zu befreien, was durch Ansaugen oder Füllen mit Wasser geschieht. Man verwendet diese sog. Heber (Saugheber) im Kleinen z. B. zum Entleeren von Fässern, zum Überfüllen des Inhaltes eines Gefässes in ein anderes etc., im Grossen bei Wasserleitungen zum Ableiten des Wassers aus einem Teiche, einem Sumpfe etc.

Da diejenigen Vorrichtungen, welche ausschliesslich auf Benutzung des äusseren Luftdruckes beruhen, Flüssigkeiten nur auf geringe Höhen

zu fördern vermögen (S. 832), so sind sie nur beschränkter Verwendung fähig und deshalb vielfach durch solche ersetzt, welche grössere Förderhöhen durch Zuhilfenahme von Pressluft (S. 206) oder unter Druck stehenden Gasen ermöglichen und die Klasse der eigentlichen **Luftdruck- und Gasdruckpumpen** bilden.

Lassen sich zum Zwecke dieser Förderungsmethode Druckluftanlagen (S. 206) benutzen, so ist nur erforderlich, von der Leitung derselben eine Abzweigung zu dem (geschlossenen) Behälter anzuordnen, um aus diesem mittels eines Steigrohres die Flüssigkeit nach dem Orte der Bestimmung zu fördern und zwar mit Hilfe einer Steuerung, welche dazu dient, abwechselnd die Druckluft während der Füllperiode und den Zulauf der Förderflüssigkeit während der Hubperiode abzusperren. Eine zu diesem Zwecke häufig gebrauchte Selbststeuerung an Hebevorrichtungen zum Heben von Laugen, Säuren, Säften etc. ist folgendermassen eingerichtet. Das aus einem Thoncylinder bestehende und mit gusseisernen Deckeln und Kautschukplatten geschlossene Gefäss A (Fig. 782) ist durch das Rohr a mit dem Vorratsbehälter, durch das Rohr e mit der Förderstelle, durch das Rohr d mit der Druckluftleitung verbunden und ausserdem mit einem Luftauslassrohr c, sowie einer Kautschukplatte i versehen, welche die Röhren a und c gleichzeitig verschliesst.

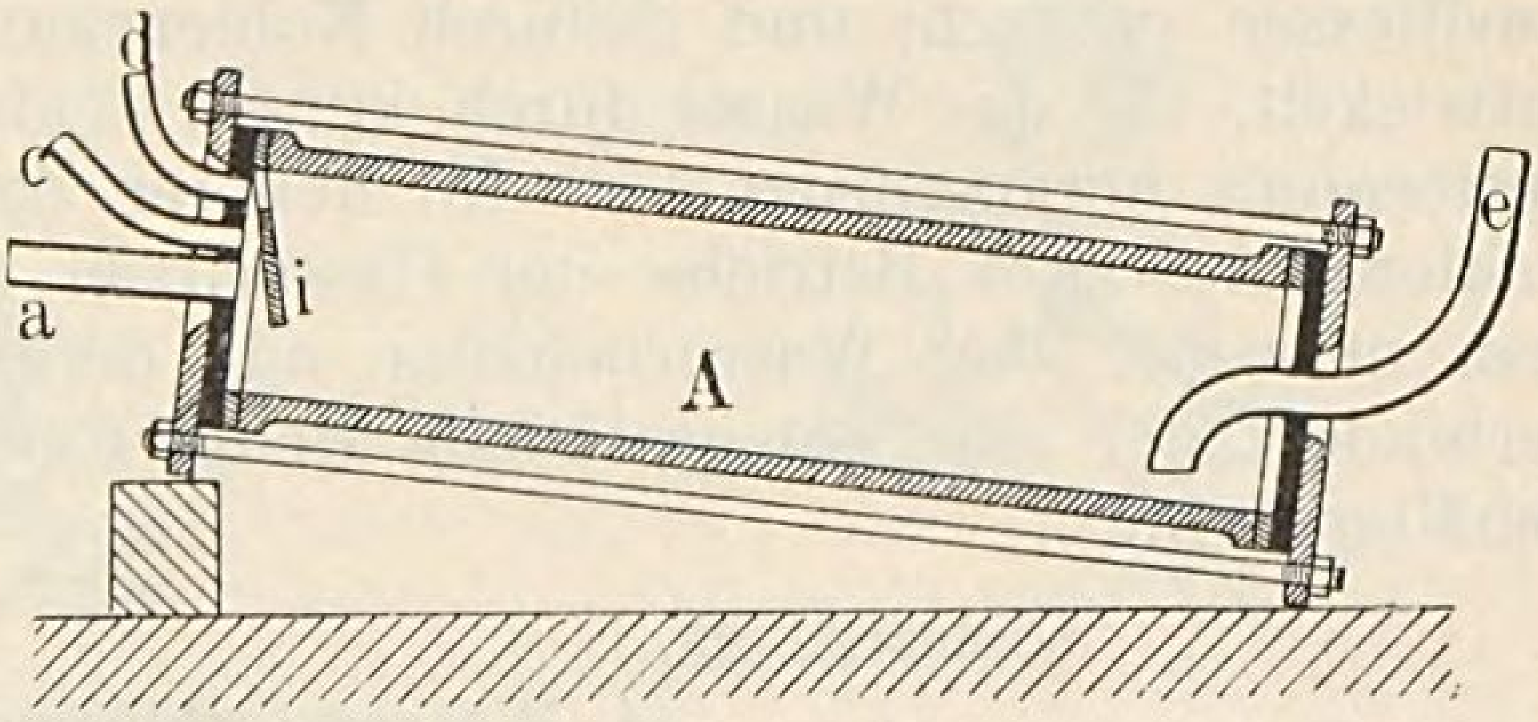


Fig. 782.

Ist das Gefäss leer, so läuft die Flüssigkeit durch a zu, während die eingeleitete Druckluft durch c so lange entweicht, bis c durch die aufsteigende Flüssigkeit abgeschlossen wird. In demselben Augenblicke drückt die Pressluft die Klappe i auf die Röhren a und c und die Flüssigkeit durch das Steigrohr e zur Förderstelle. Sowie das Gefäss entleert ist, entweicht die Druckluft durch e; dadurch tritt in A der ursprüngliche Zustand und Wiederholung des Spieles ein. — Nach dem Vorbilde der Pulsometer werden solche Gefässe auch zum Heben von Wasser benutzt, indem man sie in das Wasser hinunterlässt. — Soll mit diesen Hebevorrichtungen eine Saugwirkung verbunden werden, so ist die Anbringung einer Luftpumpe erforderlich.

Eine eigenartige Anlage zur Hebung von Wasser mittels Pressluft unter Anwendung enger Rohrbrunnen (Fig. 741 S. 838) beruht auf der Benutzung des Auftriebs. Bei derselben wird Druckluft in das unter den Wasserspiegel gesenkte Brunnenrohr unten eingeblasen, so dass sie in dem Wasser langsam aufsteigende Blasen bildet. Diese Blasen vermindern das spezifische Gewicht des Wassers, da jede derselben einen Druck auf die darüber befindliche Wassersäule ausübt, welcher gleich ist dem Gewichte des verdrängten Wassers. Infolgedessen steigt das in dem Wasserrohre befindliche blasenreiche Wasser durch den Druck des Grundwassers, um an der Förderstelle auszufliessen und zwar stetig und gleichmässig, wenn die Luftzufuhr unverändert bleibt. In einem Fall förderte eine solche

Anlage durch ein 8 *cm* weites und 30 *m* eingesenktes Brunnenrohr mittels Druckluft von 3 Atm. Pressung und eines 2 *cm* weiten Luftrohres in der Minute 600 bis 700 *l* Wasser.

Den Gasdruckpumpen liegt das Prinzip zu Grunde, die grosse Expansionsfähigkeit von Kohlensäure in geschlossenen Gefässen und die damit zusammenhängende Druckwirkung zum Auswerfen eines Wasserstrahles hauptsächlich zum Auslöschen kleiner Brände etc. zu benutzen, weshalb sie auch gewöhnlich Gasspritze oder Extinkteur genannt werden. Sie bestehen in der Regel in einem cylindrischen Eisen- oder Kupferblechbehälter von etwa 10 bis 35 *l* Inhalt mit Tragriemen oder zum Transport mit einem einfachen dreirädrigen Fahrgestelle versehen. Durch ein mit Verschlussschraube ausgestattetes kurzes Ansatzrohr wird dasselbe mit Wasser gefüllt, dem doppeltkohlensaures Natron zugesetzt ist. Durch ein anderes Verschlussrohr wird ein Glasrohr oder Glasgefäss eingehängt, in dem sich Schwefelsäure befindet. Soll der Apparat in Thätigkeit treten, so wird das Schwefelsäuregefäss durch Umkippen oder Zertrümmern zum Ausfliessen gebracht und dadurch Kohlensäure mit 4 bis 7 Atm. Pressung entwickelt, die das Wasser durch kurzen Schlauch mit Mundstück bis 12 *m* Entfernung herausspritzt. — In neuerer Zeit hat die käufliche flüssige Kohlensäure zum Betriebe der Gasspritzen Anwendung gefunden, indem man entweder den Wasserbehälter mit dem eisernen Kohlensäurebehälter verbindet oder eine entsprechende Menge feste Kohlensäure in den Wasserbehälter bringt.

4. Wasserstrahlpumpen.

Durchfliesst unter dem Einflusse der Schwerkraft eine Flüssigkeit ein Rohr, indem sie dasselbe ganz ausfüllt, so ist ihre Geschwindigkeit stets umgekehrt proportional dem Querschnitte und kann (S. 668 u. f.) unter Umständen eine solche Grösse annehmen, dass der auf die Rohrwand ausgeübte Druck kleiner ist, als der Atmosphärendruck wird und demnach eine Saugwirkung auszuüben im Stande ist. Zugleich kann die durch die Geschwindigkeit dem Wasser erteilte lebendige Kraft als Arbeitsvermögen zur Überwindung von Widerständen, demnach auch zur Fortbewegung von angesaugter oder zugeführter Flüssigkeit, sowie dazu dienen, einen Teil der bewegten Flüssigkeit selbst auf eine Höhe zu heben, die grösser ist als die Gefällhöhe, welche der Flüssigkeit die Geschwindigkeit erteilt. Diese Wirkungen werden benutzt zur Konstruktion der Wasserstrahlpumpen, die bei einer bestimmten Ausführungsform auch hydraulische Widder oder Stossheber heissen.

Die Wasserstrahlpumpen im engeren Sinne sind naturgemäss in ihrer Wirkung und Anordnung sehr nahe verwandt mit den Dampfstrahlern (S. 350) und den Strahlkondensatoren (S. 462), so dass z. B. der Strahlkondensator Fig. 409 als Wasserstrahlpumpe Verwendung finden kann, wenn man den Stutzen D statt mit Dampf mit dem Förderwasser verbindet. Da es beim Wasserfördern nicht auf eine Oberflächenvergrösserung abgesehen ist wie beim Kondensator, so tritt an Stelle des durchbohrten Rohres C die Düse f mit nur einer Reihe von Löchern, durch welche das Förderwasser in die Düse f tritt.

Die hydraulischen Widder finden hauptsächlich Verwendung für Bewässerungen und Wasserzuführung für Wirtschaftszwecke, Bahnhöfe, Fabriken u. dergl., wozu sie sich trotz des geringen Wirkungsgrades wegen ihrer Einfachheit und geringen Ansprüche an Bedienung namentlich in dem Fall besonders eignen, wo es auf eine sorgfältige Ausnutzung eines Gefälles nicht ankommt. — Im wesentlichen besteht ein solcher Widder (Fig. 783) aus einem Fussgestelle F mit einem Windkessel W und dem sog. Stossventil V. Das Fussgestell enthält das Wasserzuleitungsrohr a, das zum Windkessel führende Klappenventil e, sowie die Tragfüsse t, t und ein Abflussröhrchen c mit Hahn, um zum Schutze gegen Einfrieren das

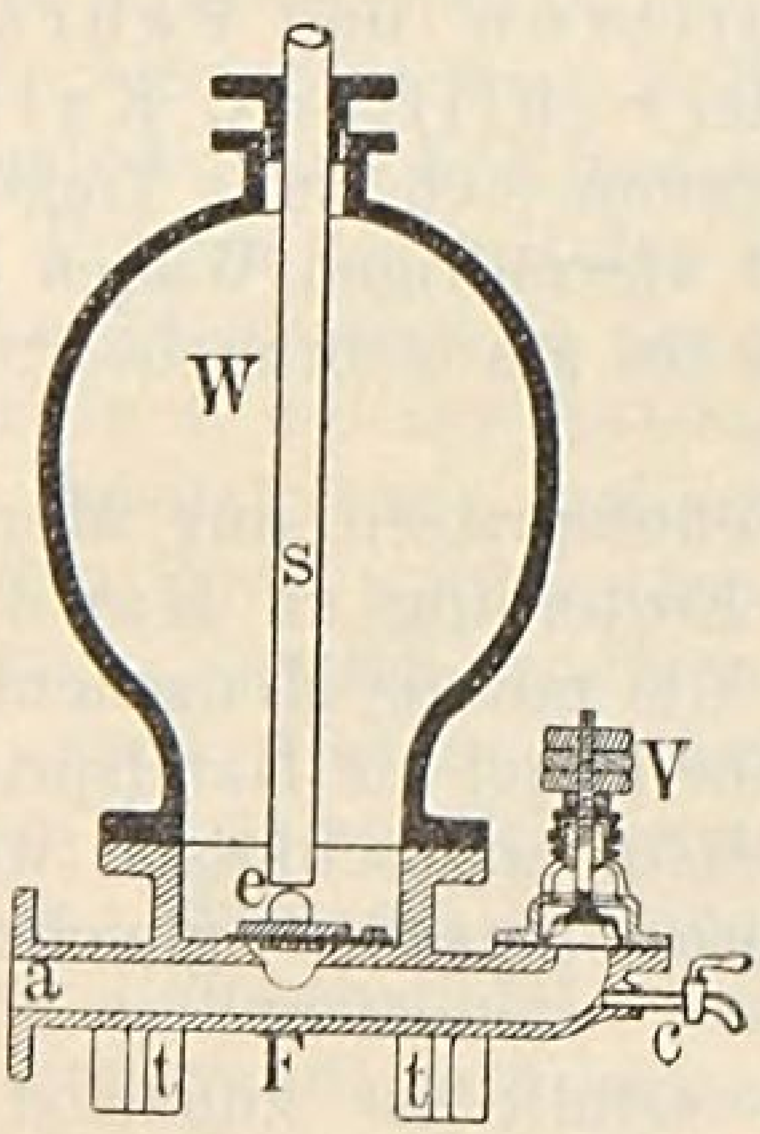


Fig. 783.

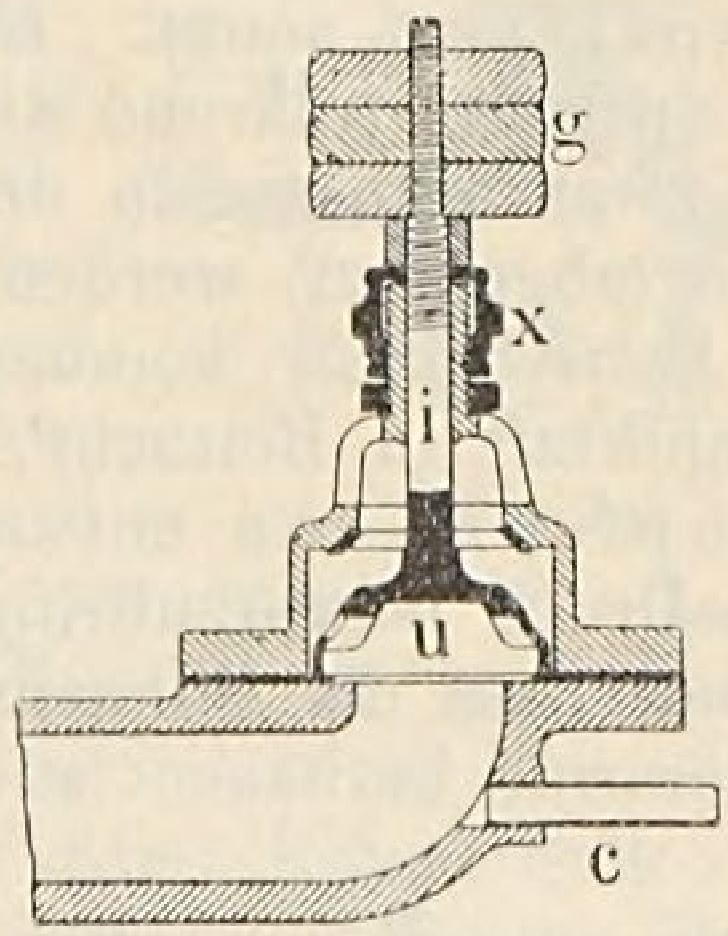


Fig. 784.

Wasser abzulassen. Das zur Fortleitung des Wassers dienende Steigrohr s ist entweder im Windkessel vertikal oder bei e im Fussgestelle F horizontal angebracht. Das Stossventil (Fig. 784) besteht aus einem Kegel u mit Spindel i, die in einer Stopfbüchse x geführt und mit Gewichten g belastet und durch eine Schraube im Hube begrenzt wird. Strömt durch das Rohr a das Kraftwasser mit einer gewissen Geschwindigkeit ungehindert bei dem offenen Ventil V ein, so wird dasselbe das letztere in dem Augenblicke schliessen, wo es unter demselben anlangt. Dadurch am Weiterfliessen gehindert, stösst es das Ventil e auf und strömt in den Windkessel W so lange ein, als sein Arbeitsvermögen verbraucht ist. Dadurch wird die Luft im Windkessel zusammengepresst und befähigt, das eintretende Wasser in die Leitung zu drücken, während sich zugleich das Ventil e schliesst, worauf das Wasser in der Leitung zurücktritt bis das Ventil V sich öffnet und dasselbe Spiel sich wiederholt. Die Wirkung erfolgt demnach stossweise (Stossheber) und zwar mit einem Nutzeffekt, der um so kleiner ausfällt, je grösser das Verhältnis zwischen der Steighöhe und der Gefällhöhe ist. Wird dieses Verhältnis e und das Güteverhältnis g genannt, so kann man annehmen:

für e =	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20
g =	0,92	0,84	0,77	0,72	0,67	0,63	0,56	0,49	0,43	0,35	0,23

IV. Feuerspritzen.

Unter Feuerspritzen versteht man transportable Pumpen, welche in erster Linie den Zweck haben, Wasser in der Form eines Strahles auf brennende Gegenstände zu spritzen, um diese teils durch Verdrängen der Luft, teils durch Abkühlung zum Verlöschen zu bringen. Ausserdem dienen sie vielfach überhaupt zum Verspritzen von Wasser (Abwaschen von Gebäuden, Bespritzen von Strassen etc.), sowie zum Auspumpen von Räumen (bei Überschwemmungen etc.). Diesen Aufgaben entsprechen alle Druckpumpen, wenn sie zugleich mit Saugeinrichtungen versehen sind; fast ausschliesslich in Verwendung aber stehen Kolbenpumpen mit hin- und hergehenden Kolben, in Verbindung mit Vorrichtungen zum Transportiren. Nach den letzteren unterscheidet Tragspritzen und Fahrspritzen, indem man diese je nach dem Transportmittel Schlitten-, Karren- oder Wagenspritzen nennt. Naturgemäss eignen sich zum Tragen nur die kleineren Spritzen, während die grössten auf vierrädrigen Wagen angebracht sind und zwar mitunter in der Weise, dass sie am Gebrauchsorte heruntergenommen (abgeprozt) werden können.

Als Betriebskraft kommen bei den Feuerspritzen nur Menschenkraft oder Dampfkraft in Betracht, wonach die Einteilung in Handspritzen und Dampfspritzen entstanden ist. — Um mittels Menschenkraft einen gehörigen Druck hervorzubringen, sind in der Regel die Handspritzen derart eingerichtet, dass die Pumpenkolben an Hebeln angeschlossen werden, die lange Querarme besitzen, an denen mehrere Menschen gleichzeitig Platz finden.

Damit eine Feuerspritze ihren Zweck erfüllt ist zunächst eine Anordnung zu treffen, welche einen möglichst gleichmässigen Strahl auf passende, oft recht grosse Entfernungen und in jeder beliebigen Richtung zu werfen gestattet. — Aus dem Grunde verwendet man fast ausschliesslich zwei Druckpumpen, die abwechselnd in Thätigkeit treten, und versieht ausnahmslos die Spritze mit einem Druckwindkessel, in welchem das Wasser unter gehörigem Drucke gehalten wird. Der Ausfluss erfolgt in der Regel durch ein fast bis auf den Boden des Windkessels reichendes oder seitwärts austretendes Standrohr, an das sich ein Wenderohr mit Gussrohr und Mundstück oder ein Hanfschlauch (S. 82) mit Mundstück anschliesst. -- Das Wenderohr vermittelt die Einstellung nach allen Richtungen und bekommt demnach entweder die Form von Knien (S. 85) oder eine Flanschenverbindung nach Art der Fig. 131 III und IV S. 87, sowie am Ende ein Schraubengewinde zum Anschrauben des Gussrohres oder des Schlauches (Fig. 132 III und IV, S. 88). Das aus Rotguss angefertigte 15 bis 20 *cm* lange Mundstück, aus dem das Wasser austritt, ist ein kegelförmiger Hohlkörper, der mit dem einen etwa 25 bis 40 *mm* weiten Ende vermittelst einer Muffenverschraubung (Fig. 132) oder Überwurfmuttern (Fig. 133) an das ebenso weite Wenderohr oder den Schlauch angekuppelt und mit dem andern nur 10 bis 15 *mm* weite Öffnung auf das Ziel gerichtet wird.

Das Spritzwasser befindet sich entweder in einem Wasserbehälter, der einen Teil der Feuerspritze bildet, oder wird von den Pumpen selbst angesaugt. Der Wasserbehälter wird entweder durch Zutragen mittels Eimer, oder aus Wasserleitungen mittels Schläuche oder mittels besonderer Druck-

pumpen (Zubringer) gefüllt. — Im Fall die Spritzenpumpen das Wasser selbst ansaugen, ist es höchst empfehlenswert, zur Vermeidung der Zuckungen in dem Saugschlauch einen Saugwindkessel einzuschalten.

Da zu jeder Pumpe je ein Saug- und Druckventil erforderlich ist, so besitzt jede Feuerspritze, abgesehen von dem mitunter angebrachten, aber entbehrlichen Zulass- oder Fussventil, vier Ventile, bei deren Unterbringung vor allem darauf zu sehen ist, dass sie der Reinigung und Instandhaltung halber leicht und schnell zugänglich sind. Deshalb setzt man dieselben oft in ein gemeinschaftliches Gehäuse, das von der Seite in den Raum unter dem Windkessel eingeschoben wird. Eine solche viel verwendete Anordnung geht aus Fig. 785 hervor, in der man ohne weiteres das Saugrohr A, die zu den Pumpen führenden Verbindungsröhren R, R, das zum Windkessel führende Druckrohr E und an der Kreuzungsstelle dieser Röhren das mit den Saugventilen a, a und den Druckventilen e, e ausgestattete Ventilgehäuse G erkennt, welches die Gestalt eines stumpfen Kegels besitzt und, seitlich eingeschoben, am verjüngten Ende mittels einer Schraube festgehalten wird. — Bei anderen Ausführungen findet man zwei Gehäuse oder auch für jedes Ventil ein besonderes Gehäuse. Im letzteren Fall verteilt man die Ventile oft und zweckmässig in der Weise, dass sie in einer Höhe nebeneinander zu liegen kommen und dass der Pumpenstiefel zwei Kanäle in gleicher Höhe erhält: nämlich einen zum Saugventil und einen zum Druckventil. — Sitzen Saug- und Druckventil in einem Gehäuse übereinander, so erhält die Spindel des Saugventils zweckmässig eine obere Führung in der Spindel des Druckventils.

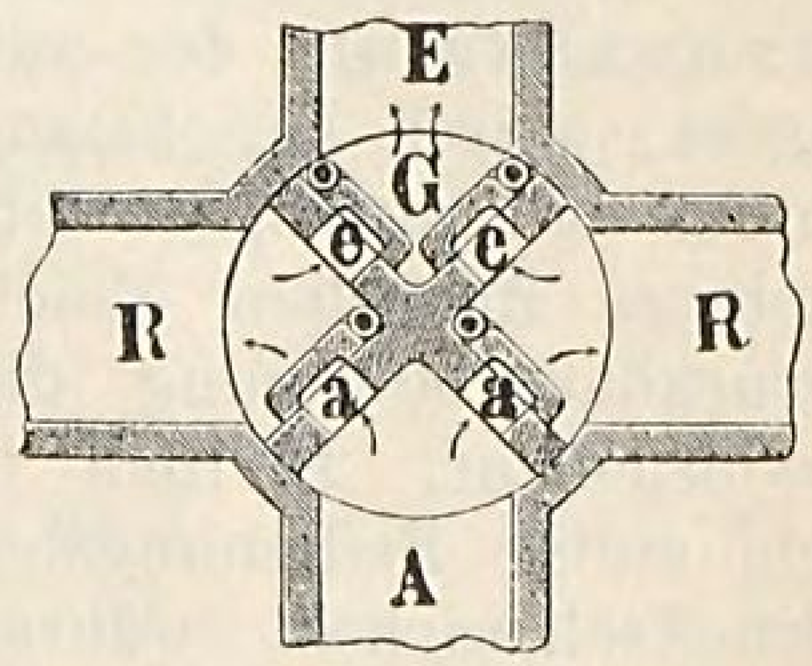


Fig. 785.

Die Anordnung einer gewöhnlichen Wagenspritze mit Handbetrieb geht aus Fig. 786 hervor. Auf dem von zwei Radachsen getragenen Fahrgestelle F ist eine gusseiserne, viereckige Grundplatte P, P befestigt, auf der sich zunächst der aus Blech hergestellte Wasserbehälter A, A erhebt. In der Mitte befindet sich sodann der Ventilkasten v zwischen den beiden Pumpenstiefeln C, C mit den Saugventilen und den Druckventilen, dem Saugrohre s, dem Druckrohre, sowie mit je zwei Kanälen zu den Pumpen C, C und dem Windkessel W. Das Saugrohr s tritt an beiden Seiten aus dem Wasser-

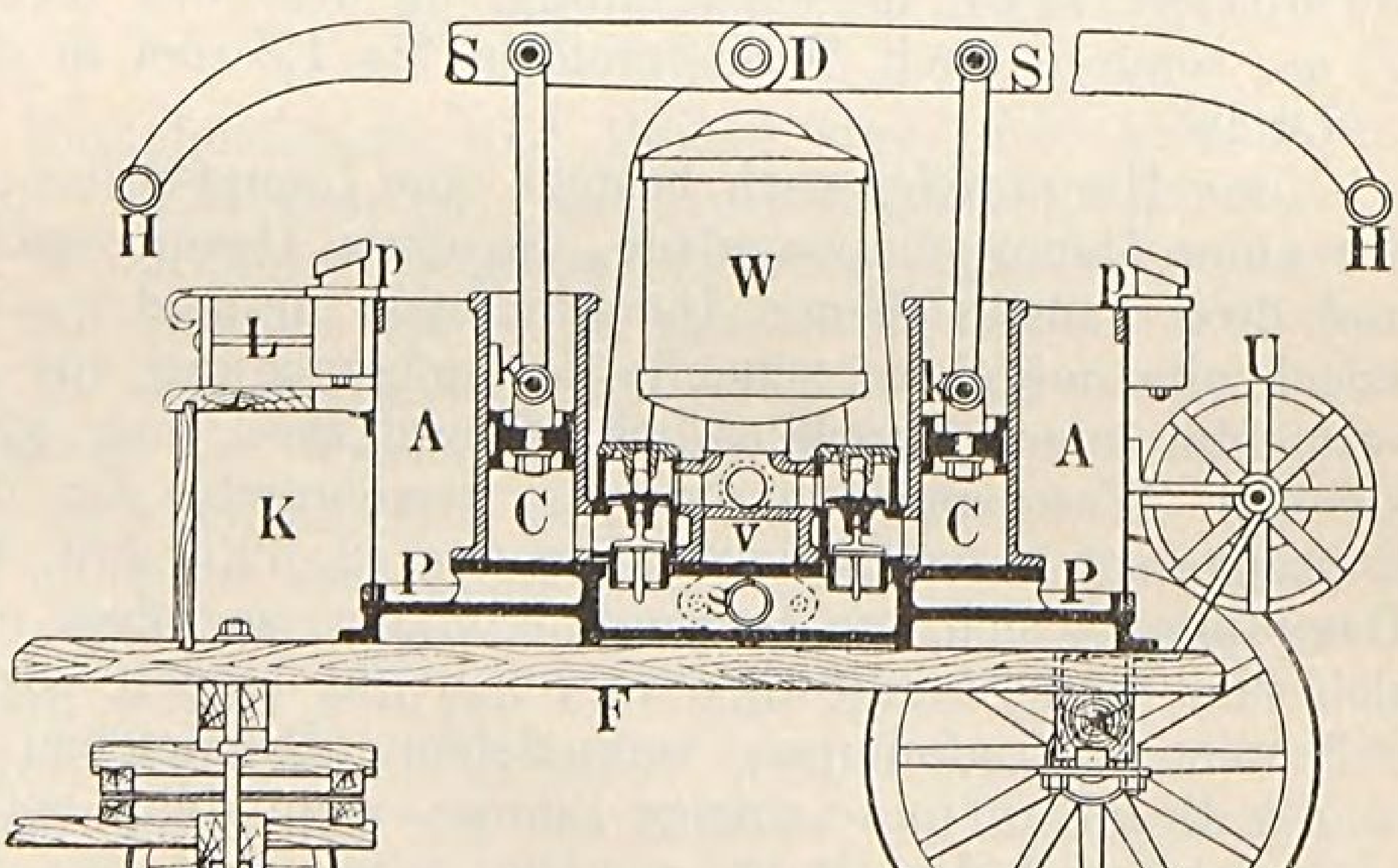


Fig. 786

behälter A, A heraus und kann entweder mit Schraubenkapseln verschlossen oder mittels einer Schraubenmuffe mit einem Saugschlauch verbunden werden. Ausserdem befindet sich an dem Saugrohre s noch innerhalb des Wasserkastens eine mit Hilfe einer Schraubenkapsel verschliessbare Öffnung, durch welche das Wasser aus dem Wasserkasten in das Ventilgehäuse gelangt. Die Spritze kann demnach je nach Bedürfnis das Wasser selbst aus Brunnen, Wasserläufen etc. ansaugen, oder dem Wasserkasten entnehmen. An das nach aussen tretende Druckrohr wird entweder ein aufwärts gerichtetes Standrohr, oder ein Schlauch angeschraubt. — Die Bewegungen der beiden mit Hanfliderungen abgedichteten Pumpenkolben k, k erfolgt durch einen kräftigen Schwengel S, S (Druckbaum), der mittels einer Achse D in den zwei Böcken G, G gelagert, durch Druckstangen an die Kolben angeschlossen und an beide Enden mit durchgesteckten hölzernen Stangen H, H versehen ist, an denen mehrere Menschen gleichzeitig thätig sein können. Zur Begrenzung der Druckbaumbewegung dienen die bei p, p angedeuteten Puffer oder Lederpolster. Endlich befindet sich bei S noch ein Sitz für den Lenker und einige Bedienungsleute, sowie bei U ein Haspel zum Aufwickeln des Druckschlauches, während der steife, nicht aufzuwickelnde Saugschlauch auf Haken liegt, die seitwärts an dem Spritzengestell angebracht sind. Ein Gerätekasten K dient zur Aufbewahrung der unentbehrlichen Geräte.

Die Wirksamkeit der Handspritzen ist dadurch beschränkt, dass wegen Mangel an Raum die Zahl der an derselben thätigen Arbeiter begrenzt ist, indem diese Zahl in der Regel 20 nicht überschreiten kann. Infolgedessen dürfen die Pumpenkolben in der Regel keinen grösseren Durchmesser als etwa 18 *cm* erhalten, wenn die Strahlhöhe nicht unter der üblichen Höhe von 25 bis 30 *m* bleiben soll. Dieser Kolbenfläche entsprechend beträgt jedoch die in der Minute geförderte Wassermenge nur etwa 0,3 bis 0,4 *cbm*. Für grössere Strahlhöhen und Wassermengen stehen daher allgemeine Dampfspritzen in Verwendung, da dieselben nicht nur Strahlhöhen bis 50 *m*, sondern auch Wassermengen bis 1,5 *cbm* in der Minute zu fördern gestatten.

Der Hauptsache nach besteht eine Dampfspritze aus einem Fahrgestelle mit einer Dampfpumpenanlage, die einen Dampfkessel mit Dampfmaschinen und direkt angetriebenen Dampfpumpen umfasst. — Da der Gebrauchszweck eine möglichst schnelle Dampferzeugung zur Bedingung macht, so vermeidet man ausschliesslich Dampfkessel mit grosser Heizfläche und kleinem Wasserraum und zwar gewöhnlich der Platzersparung wegen Röhrenkessel in vertikaler Aufstellung (S. 395, 409, 411). — Obwohl jede Dampfpumpe sich zur Anwendung eignet, so pflegt man doch der Betriebssicherheit und Standfestigkeit wegen die doppelt wirkenden liegenden den stehenden Dampfpumpen vorzuziehen. Desgleichen beschränkt man sich in der Regel auf eine einzige Pumpe, wenngleich bei grossen Dampfspritzen auch zwei und drei Pumpen nicht selten sind. — Von besonderer Wichtigkeit ist bei dem grossen Wasserverbrauch die Beschaffung des Wassers, weshalb stets ein Anschluss an eine Wasserleitung, oder die Anbringung langer Saugschläuche vorgesehen werden muss, da es ausgeschlossen ist, die genügende Wassermenge mittels Eimer oder Zubringer zuzuführen; vielmehr kann die Dampfspritze selbst als Zubringer für andere Spritzen hervorragende Dienste leisten.

Aus der Skizze Fig. 787 ist die allgemeine Anordnung der verbreitetsten Dampfspritzen zu erkennen. Auf der vorderen Radachse liegt von Federn f getragen ein cylindrischer Wasserkessel A, mit dem durch Nietung der Dampfkessel B fest verbunden ist, welcher durch angenietete Winkelstücke und Federn g auf den Hinterrädern ruht, so dass A und B die Träger der Pumpenanlage bilden. Der Wasserkessel A dient als Saugraum für die Pumpe, ist mittels eines an den Stutzen m angeschraubten Schlauches mit der Wasserquelle in Verbindung zu bringen und wirkt zugleich als Saugwindkessel. Die Pumpenanlage besteht aus einer Zwillingsdampfmaschine D und der Zwillingspumpe P nebst Druckwindkessel W. Die Dampfmaschine erhält den Dampf direkt aus dem stehenden Röhrenkessel B durch das umhüllte Dampfrohr C, während der Abdampf durch das Rohr E in den Kamin tritt, um als Zugerzeuger zu wirken. Die

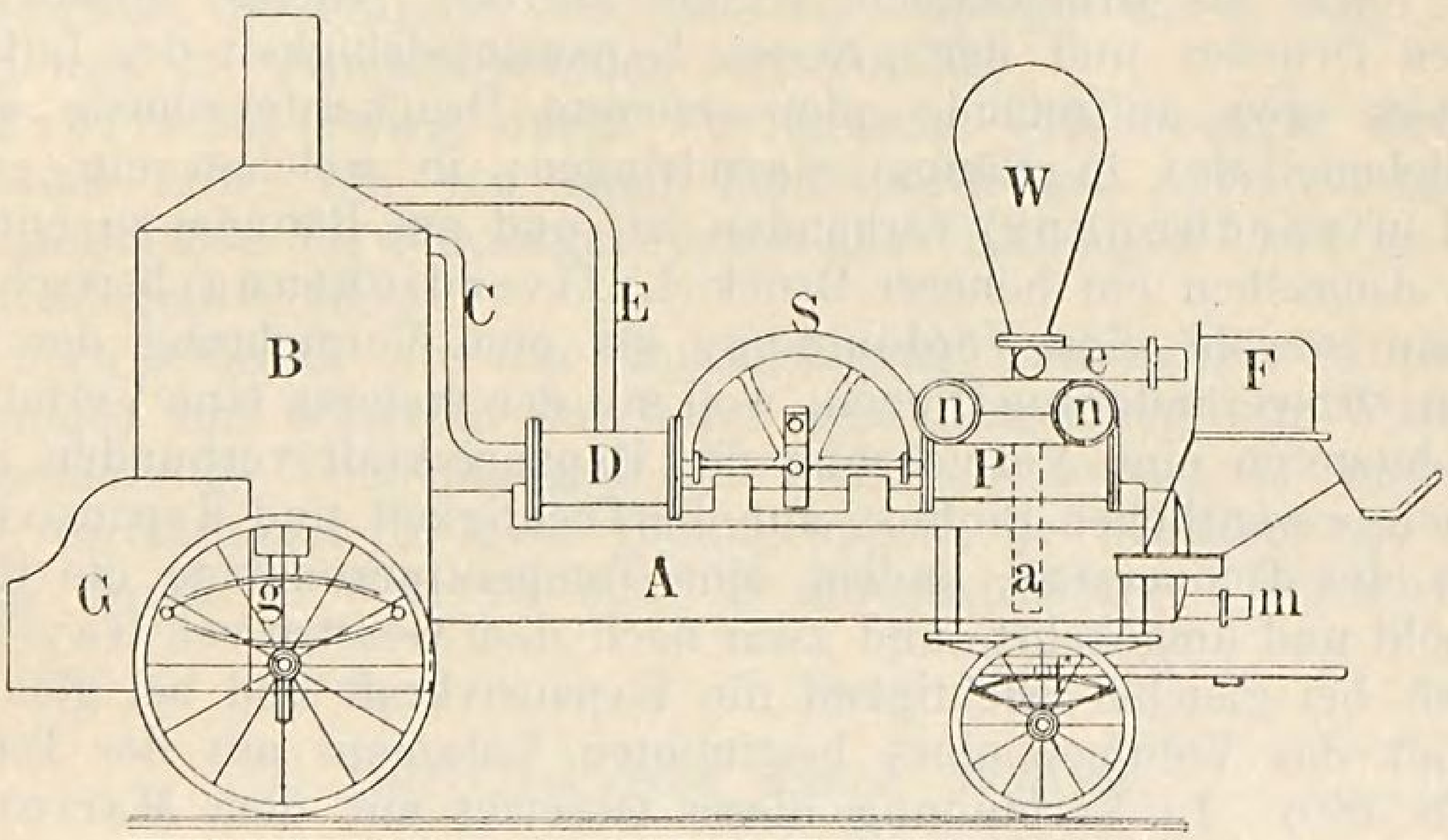


Fig. 787.

Kolbenstangen der Dampfmaschine und Pumpe sind, wie bereits S. 850 Fig. 755 ausführlich beschrieben ist, mit Kurbelschleifen verbunden und mit Schwungrädern S auf einer gemeinschaftlichen Kurbelwelle versehen, deren Kurbeln um 90° verstellt sind und mit ihren Zapfen zum Zwecke der Hubbegrenzung in den Kurbelschleifen gleiten. Die doppeltwirkende Zwillingspumpe P saugt das Wasser aus dem Behälter A durch das bis auf den Boden des letzteren abwärts geführte Saugrohr a an und presst dasselbe durch das unten in den Windkessel W mündende Druckrohr e in den Spritzschlauch. Als Steuerorgane der Pumpe sind Ventile gewählt, welche in Cylinderkörpern n, n liegen und mit diesen leicht und schnell herausgenommen, gereinigt und nachgesehen werden können. — Zu bemerken ist noch, dass mit F der Sitz des Lenkers und mit G zwei Kohlenbehälter bezeichnet sind, die sich neben dem Heizerstande befinden.

Ausser den an dem Kessel üblichen Sicherheitsvorrichtungen (Wasserstandszeiger, Dampfspannungsmesser, Sicherheits- und Abblassventil), sowie der Speiseapparate (Injektor, Speisepumpe), der Anlass- und Regulirventile sind die Dampfspritzen noch mit einer Glocke zum Läuten, weitleuchtenden Laternen und Schuhen auszustatten, welche, gegen die Räder geschoben, den Stand genügend sichern. Ausserdem machen Dampfspritzen auf Federn

Einrichtungen notwendig, welche die Schwankungen aufheben, wozu gewöhnlich Stützschrauben gebraucht werden.

Dampfspritzen, bei welchen statt der Kolbenpumpen Schleuderpumpen, Pulsometer oder Dampfstrahler (S. 350) als Wasserfördermaschinen angewendet werden, sind nur vereinzelt ausgeführt worden.

Viertes Kapitel.

Luftfördervorrichtungen.

Die uns überall umgebende atmosphärische Luft steht unter dem Drucke einer vertikalen Luftsäule, welche bis zur Grenze der Atmosphäre reicht und ein solches Gewicht besitzt, dass sich nahezu die Grösse von 1 *kg* auf 1 *qcm* als Druckeinheit ergiebt (S. 152). Infolge dieses allseitig wirkenden Druckes und der grossen Expansionsfähigkeit der Luft, sucht die letztere etwa auftretende oder erzeugte Druckunterschiede allerwärts auszugleichen, also in Räume einzudringen, in welchen ein geringerer Druck (Luftverdünnung) vorhanden ist, und aus Räumen zu entweichen, wenn in denselben ein höherer Druck (Luftverdichtung) herrscht. Demnach kann sowohl eine Verdünnung, als eine Verdichtung der Luft als Mittel zur Ortsveränderung dienen, weil mit der ersteren eine Verminderung, mit der letzteren eine Vermehrung der Expansivkraft verbunden ist.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Dichtigkeit und Expansivkraft der Luft hat die Temperatur, indem eine Temperaturzunahme die Expansivkraft erhöht und umgekehrt, und zwar nach dem Gesetze von Gay-Lussac, nach dem bei gleicher Dichtigkeit die Expansivkraft und bei gleicher Expansivkraft das Volumen eines bestimmten Volumens mit der Temperatur wächst (S. 480). In Verbindung dieses Gesetzes mit dem Mariotte'schen ergiebt sich aber, wenn mit p und p_1 die Spannungen, mit γ und γ_1 die Dichtigkeiten und mit t und t_1 die entsprechenden Temperaturen der Luft bezeichnet werden, die Beziehung:

$$\frac{p}{p_1} = \frac{1 + 0{,}00367\, t\ \gamma}{1 + 0{,}00367\, t_1\ \gamma_1}$$

Aus dieser Beziehung folgt ohne weiteres, dass sich die Wärme zur Bewegung der Luft benutzen lässt, indem sie die zur Bewegung erforderlichen Spannungs- oder Dichtigkeitsunterschiede herzustellen vermag.

Stehen daher zwei Räume A und B durch einen Luftkanal in Verbindung, so wird sich die Luft von A nach B begeben,

1. wenn in A eine Erwärmung oder in B eine Abkühlung und
2. wenn in A eine Verdichtung oder in B eine Verdünnung der Luft mittels mechanischer Vorrichtungen vorgenommen wird,

und selbstverständlich umgekehrt, so dass in diesen Mitteln zugleich die Grundlagen für die Vorrichtungen gegeben sind, welche die Luftförderung bewirken sollen und je nach dem Zwecke der letzteren ausgewählt werden. In Bezug auf diesen Zweck kommen folgende Fälle in Betracht:

1. Luftwechsel in bewohnten oder Arbeitsräumen, um verbrauchte oder durch Beimengung von Gasen, Staub u. dergl. verunreinigte Luft durch reine zu ersetzen (Lüftung, Ventilation, Wetterwechsel in Bergwerken).

2. Zugerzeugung bei zahlreichen Feuerungsanlagen, um dem Brennmaterial zur Unterhaltung des Verbrennungsprozesses unter gleichzeitiger Entfernung der Verbrennungsgase unausgesetzt frische Luft zuzuführen, z. B. bei Reduktions-, Oxydations- oder Schmelzvorgängen in Hochöfen, Kupolöfen, Tiegelöfen, zum Erhitzen in Schmiedefeuern, Schweissöfen, zum Heizen der Dampfkessel u. dergl.

3. Transport von Stoffen, welche von einem Luftstrom ergriffen und dadurch von einem Orte zu einem anderen geführt werden sollen (z. B. in den Baumwollspinnereien zum Transport der Baumwolle aus dem Magazin zu den Vorbereitungsmaschinen) oder infolge von Luftverdünnung angesaugt beziehungsweise durch Luftverdichtung weggedrückt werden sollen, z. B. zum Füllen von Gefässen mit Flüssigkeiten, Absaugen (Nutschen) der Deckkläre aus den Zuckerbroden, Heben von Flüssigkeiten.

4. Vakuumerzeugung zur Beschleunigung gewisser Prozesse (z. B. des Abdampfens, Destillirens, Kochens, des Imprägnirens u. dergl.), in den Kondensatoren der Dampfmaschinen etc. (S. 453).

5. Arbeitsleistung durch Verdünnung oder häufiger durch Verdichtung der Luft, um von einer Zentralstelle aus Arbeitsvermögen zu äusserst zahlreichen Verwendungszwecken nach beliebigen Orten zu schaffen (Druckluftanlagen S. 205).

Da nach Obigem die zur Luftförderung notwendigen Dichtigkeitsveränderungen sich entweder durch Zu- oder Abführung von Wärme oder durch mechanische Vorrichtungen hervorbringen lassen, so zerfallen die Luftfördervorrichtungen in zwei Hauptgruppen, je nachdem sie auf der Förderung durch 1. Wärme oder 2. mechanische Vorrichtungen beruhen.

I. Luftförderung durch Wärme.

Die Luftförderung durch Wärme erfolgt fast ausschliesslich durch Wärmezufuhr, also Erwärmung, und steht deshalb in zahlreichen Fällen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Wärmeerzeugungsprozessen, wobei die warmen Verbrennungsgase durch Kamine u. dergl. abziehen, indem sie infolge der Luftverdünnung durch den Auftrieb den sog. natürlichen Zug hervorrufen (S. 327), z. B. bei allen gewöhnlichen Feuerungsanlagen, Dampfkesseln etc.

Bekanntlich herrscht in einer Tiefe von etwa 24 *m* unter der Erdoberfläche in unserem Klima eine konstante Temperatur, die im Mittel 1^0 über der mittleren Jahrestemperatur liegt und mit je 30 *m* Tiefe um 1^0 zunimmt. Die dadurch bedingte Differenz zwischen der Temperatur der Luft über der Erde (über Tage) und derjenigen in Bergwerken (Schächten, Gruben; unter Tage) wird zur Lüftung der letzteren infolge eines natürlichen Luftzuges (Wetterzuges) benutzt, indem man mittels eines Schachtes oder Rohres (Wetterschachtes, Wetterlutten) eine Verbindung zwischen den Arbeitsstellen (Orten) und der Aussenluft herstellt. Da aber diese Temperaturunterschiede nicht nur nach den Jahres-, sondern auch nach den Tageszeiten schwanken und einen regelmässigen Luftwechsel (Wetterwechsel) nicht herbeiführen, sogar die Lüftung ganz ins Stocken geraten kann, so ist daneben noch ein künstlicher Wetterzug unentbehrlich, der vielfach dadurch erzeugt wird, dass man durch Verbrennungswärme

solche Unterschiede beschafft. Dazu dienen die sog. Wetteröfen, die entweder über oder unter Tage angelegt werden und aus einfachen Verbrennungsherden bestehen, deren heisse Verbrennungsgase die abziehende Luft erwärmen, wobei entweder der Wetterlutten als Kamin dient, wenn der Wetterofen unter Tage steht, oder ein Schornstein benutzt wird, der über Tage errichtet ist.

II. Luftförderung durch mechanische Vorrichtungen.

Die zur Luftförderung dienenden mechanischen Vorrichtungen können ihrer Bestimmung nach in ihrer Wirkung sich entweder darauf beschränken, die Luft aus einem Raum zu entfernen, oder sie sollen dieselbe aus einem Raum oder unmittelbar aus der Atmosphäre einem bestimmten Orte zuführen. In dem ersten Fall pflegt man sie Luftpumpen zu nennen, wenn beabsichtigt ist, mit der Fortschaffung von Luft in einem abgeschlossenen Raum eine Luftverdünnung oder eine Luftleere hervorzubringen. In dem zweiten Fall nennt man sie auf Grund ihres Hauptzweckes allgemein Gebläse.

Der wesentliche Unterschied zwischen Luftpumpen und Gebläsen besteht also darin, dass erstere die angesaugte Luft zum Zwecke der Fortschaffung nur auf den gewöhnlichen Atmosphärendruck zu komprimiren brauchen, während letztere eine grössere Verdichtung hervorzubringen haben, um die dem Lufttransport entgegenstehenden Widerstände zu überwinden, oder in der Luft mechanische Arbeit aufzuspeichern. Demgemäss ist die Wirkungsart der Luftpumpen und Gebläse so wenig von einander abweichend, dass die ersteren auch den Gebläsen zuzuzählen und einer bestimmten Klasse der letzteren bezüglich der Bauart anzureihen sind.

Ganz allgemein wirken die Gebläse dadurch, dass sie eine Veränderung der Luftpressung hervorbringen, indem ein bewegter fester Körper abwechselnd einen abgeschlossenen Raum vergrössert und verkleinert, d. h. Luft ansaugt und fortdrückt, oder indem sie der Luft durch Veränderung ihres Bewegungszustandes eine andere Pressung erteilten. Da nun für den ersten Zweck die Anwendung eines Kolbens in seiner vielseitigen Gestaltung allein in Betracht kommt und die Änderung des Bewegungszustandes in dem obigen Sinne auf einer Geschwindigkeitszunahme beruht, die durch Schleudern oder Mitreissen von einer unter bestimmtem Drucke in der Form eines Strahles ausströmenden Flüssigkeit herbeigeführt wird, so teilt man die Gebläse zweckmässig ein in

1. Kolbengebläse,
2. Schleudergebläse,
3. Strahlgebläse.

A. Kolbengebläse.

Der in dem Kolbengebläse zur Wirkung gelangende Kolben kann sowohl eine schwingende, als eine geradlinig hin- und hergehende oder eine ununterbrochene drehende Bewegung erhalten, wonach man Kolbengebläse mit schwingenden, mit hin- und hergehenden, und mit drehenden Kolben unterscheidet.

Trotz dieser verschiedenen Bewegungsarten der Kolben ist doch ihre Wirkungsweise in allen Ausführungen übereinstimmend. Jeder Kolben

schliesst einen festbegrenzten Raum ab, in welchen an einer Stelle infolge der Saugwirkung unter Vergrösserung des Raumes und hervorgebracht durch die Kolbenbewegung die Luft eintritt, und aus welchem an einer andern Stelle infolge der Druckwirkung unter Verkleinerung des Raumes hervorgebracht ebenfalls durch die Kolbenbewegung die angesaugte Luft austritt. Nur vollzieht sich dieser Vorgang bei den Kolben mit Drehbewegung ununterbrochen. Um jedoch auch bei dem absetzenden Vorgang eine stetige Luftförderung zu erzielen, genügt es, die Einrichtung so zu treffen, dass bei jeder Kolbenbewegung sowohl angesogen, als fortgedrückt wird, d. h. das Gebläse doppelwirkend anzuordnen.

Während bei den Gebläsen mit drehenden Kolben Verschlüsse für die Eintritts- und Austrittsöffnungen entbehrlich sind und daher auch nur unter besonderen Umständen angebracht werden, bilden bei Gebläsen mit Wechselbewegung der Kolben Verschlussorgane sehr wichtige und durchaus notwendige Bestandteile derselben, weil nur durch sie die Luft den gewünschten Weg zum Eintritt und Austritt nehmen kann.

Die Anordnung dieser Verschlussorgane oder Ventile bietet in der Wahl der Anbringung und in der Art der Bewegung grosse Mannigfaltigkeit.

Am häufigsten in Verwendung stehen die viereckigen einfachen Klappenventile aus Leder oder Kautschukplatten, welche zwischen zwei Blechplatten eingeschlossen und unmittelbar durch Blechstreifen und Schrauben an dem Sitze befestigt sind. Daneben findet sich häufig die Form Fig. 139 S. 100. Ausserdem benutzt man die einfachen Hub- oder Tellerventile Fig. 135 II S. 98 mitunter auch Kegelventile und Schieber, letztere namentlich in der Ausführung als Rundschieber Fig. 462 S. 532. In neuerer Zeit sind auch Kautschukringe zum Verschluss benutzt, welche sich vermöge ihrer Elastizität auf die in einem runden Rohre befindlichen Löcher legen und durch den Druck im Gebläse abheben.

Bei der Auswahl des Materials, aus welchem die Verschlussorgane hergestellt werden sollen, ist vor allem auf die Wärme und Pressungsverhältnisse der Luft Rücksicht zu nehmen, indem Leder, Kautschuk u. dergl. grosser Wärme und Pressung nicht genügend Widerstand zu leisten vermag.

Die Bewegung der Ventile ist gewöhnlich selbstthätig (S. 106). Die Vorteile, welche jedoch den selbstthätigen Ventilen mit gesteuerter Schlussbewegung (S. 109) zukommen, haben sich ebenfalls bei Gebläsen herausgestellt, so dass dieses Bewegungsprinzip auch hier immer mehr und mehr zur Anwendung gelangt.

In der Regel wird die Gebläseluft unmittelbar der nächsten Umgebung entnommen; nur in Fällen, wo eine besondere Reinheit der Luft verlangt wird, und die letztere daher z. B. über Hausdächern weggenommen oder zum Zwecke der Reinigung einen Filtrirapparat durchströmen muss, sind Zuleitungskanäle oder Röhren erforderlich, welche in der Luftentnahmestelle enden (S. 210).

1. Gebläse mit schwingenden Kolben.

Ein Gebläse mit schwingendem Kolben besteht (Fig. 788) dem Wesen nach aus zwei trapezförmigen Holzplatten A und B, welche mit einem in Falten gelegten Ledermantel (Balg) C derart umschlossen sind, dass eine der beiden Platten, gewöhnlich die obere, sich an dem spitzen Ende a um eine Scharnier oder auch nur mit Hilfe eines aufgenagelten Lederstückes

drehen lässt, und heisst Lederbalg, Blasebalg oder Spitzbalg. Die Luft tritt in den inneren Raum durch das Einlassklappenventil a ein, wenn die Platte B gesenkt wird und strömt bei e aus, wenn sich die Platte A senkt. Da bei diesem einfachen Blasbalg die Ausströmung so lange unterbrochen wird als eine neue Füllung Zeit gebraucht, so wirkt derselbe höchst unregelmässig. Gewöhnlich steht daher der doppelte Blasbalg (Fig. 789) mit zwei beweglichen Platten A und B und einer festen Zwischenplatte D in Verwendung. In den Platten B und D sitzen die Lederklappenventile a und c und schliessen zwei Räume E und F unter sich und nach aussen ab. Wird die Platte B gehoben, so presst sie die Luft durch die Klappe c aus dem Raum F in den Raum E und aus dem Ausgang e hinaus, wobei sich der Deckel A zugleich infolge des Luftdruckes hebt. Wird dahingegen die Platte B gesenkt, so füllt sich durch die Klappe a der Raum F mit frisch angesaugter Luft, währenddem die Platte A durch ihr Gewicht die Luft aus dem als Luftreservoir dienenden Raum E durch den Auslass e herauspresst. — Mancherlei früher übliche andere Ausführungen dieser auch nur noch Schmiedefeuer betreibenden Blasbälge sind ganz ausser Gebrauch gekommen.

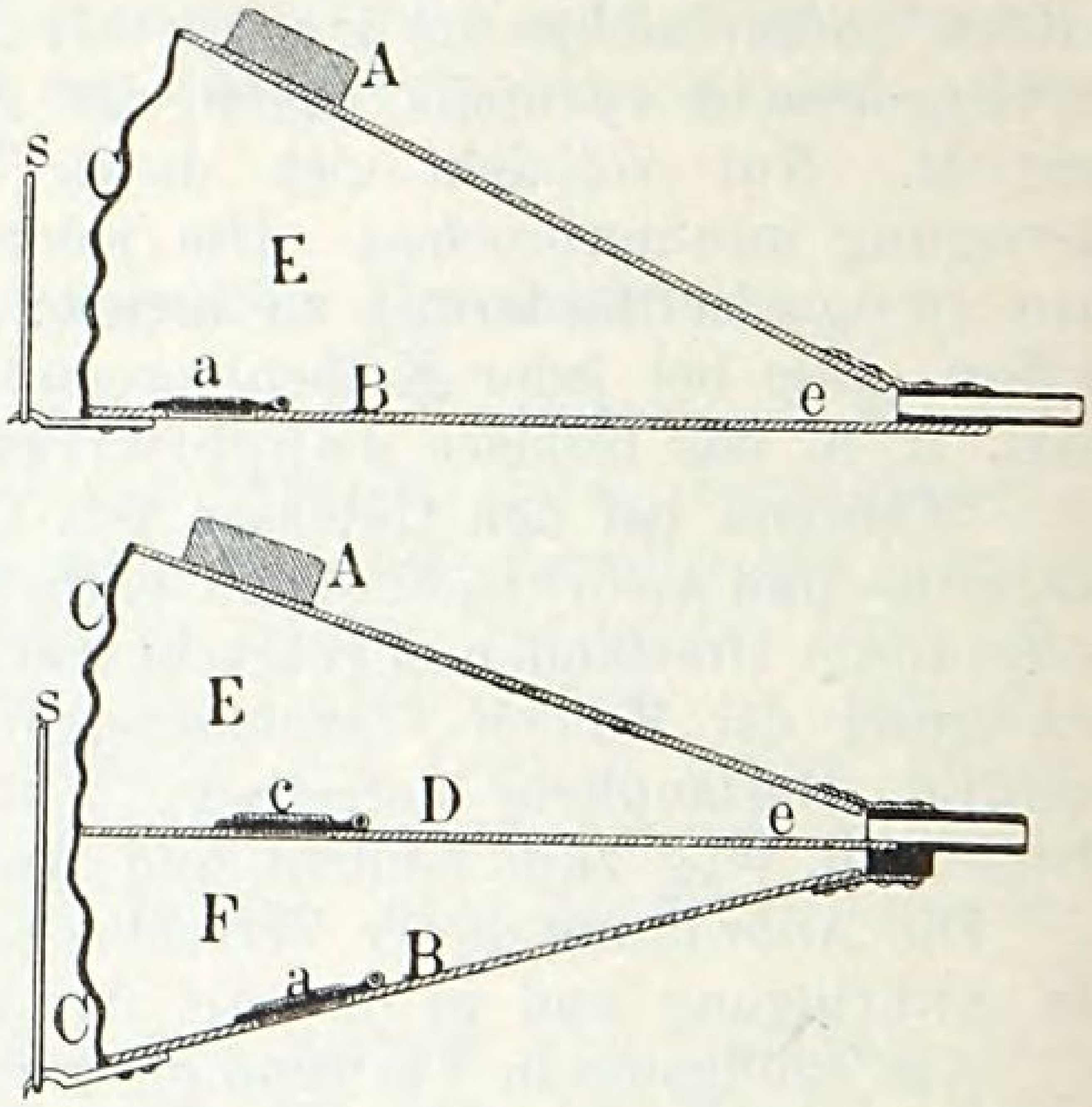


Fig. 788 u. 789.

Da die Spitzbälge verhältnismässig viel Raum beanspruchen, so ist man vielfach zu einer quadratischen oder runden Grundform übergegangen und hat die Böden derart mit dem Balg verbunden, dass letzterer einen quadratisch prismatischen oder einen cylindrischen Raum umschliesst und dass die Böden bei der Bewegung parallel zu einander bleiben (Parallelbalg, Kastenbalggebläse, Cylinderbalggebläse) und die ganze Anordnung den Übergang zu den Gebläsen mit hin- und hergehenden Kolben bilden. Ein doppeltwirkendes Cylinderbalggebläse dieser Art, welches in einen grösseren Windbehälter eingebaut ist, um einen recht regelmässigen Windstrom zu liefern (Knoll), ist in Fig. 790 dargestellt. Man erkennt in A und B die beiden Bälge, dann den umschliessenden Windbehälter, in f, f zwei Federn, welche die Bälge abwärts bewegen, in a und i zwei Saugventile, in e und n zwei Druckventile und in r das Austrittsrohr, das die Luft zu dem Schmiedefeuer E führt. Der Balg A wird durch eine Schubstange entweder von dem Fuss-

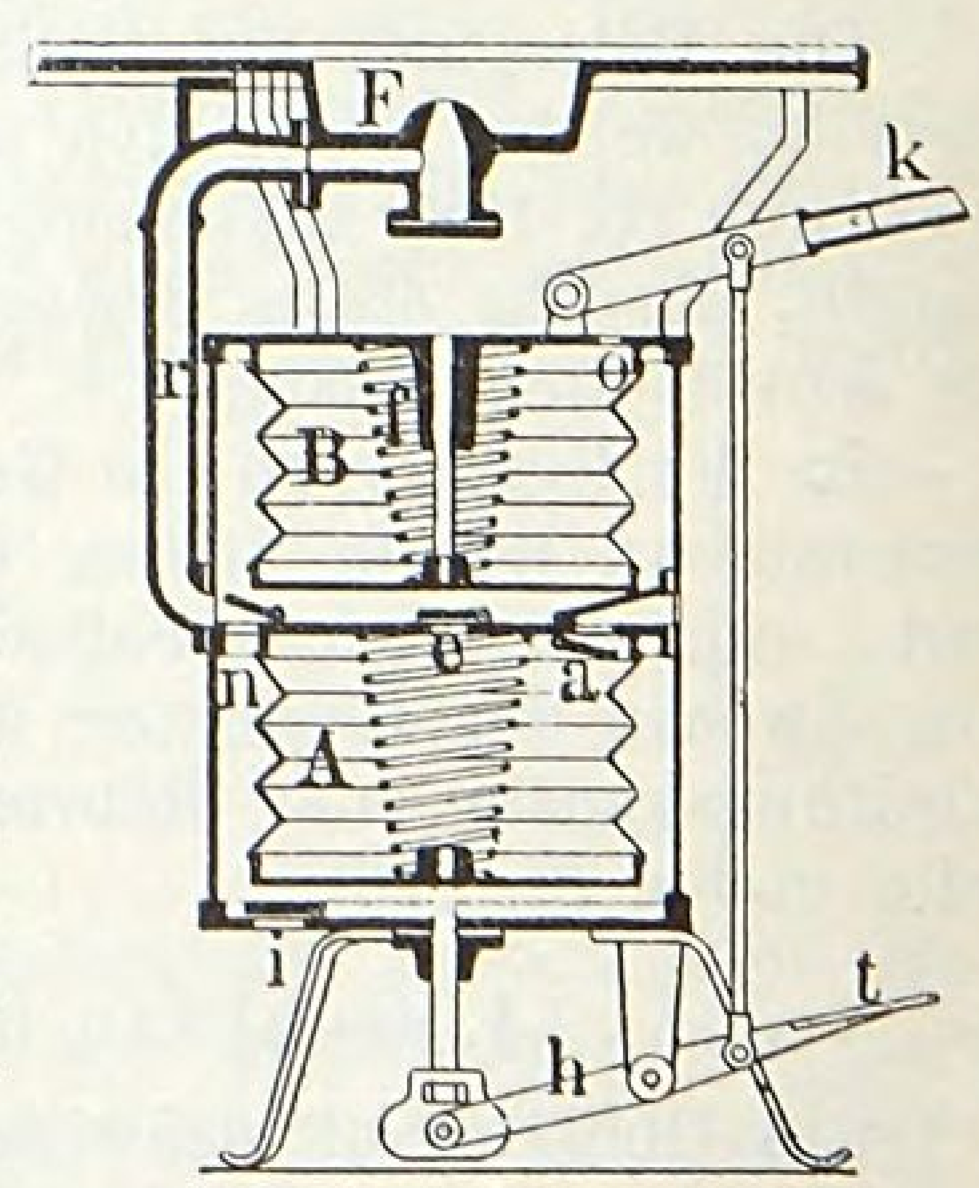


Fig. 790.

tritte t, h oder dem Handhebel k aufwärts bewegt. Dabei öffnet sich das untere Ventil i, um Luft in den Windbehälter eintreten zu lassen, und öffnet sich das Ventil e, um die in A eingeschlossene Luft in den oberen Raum und das Austrittsrohr r unter einem solchen Drucke einzupressen, dass zugleich der Balg B gehoben wird. Senkt sich darauf der Balg A, so öffnet sich das obere Einlassventil a und das Druckventil n: neue Luft tritt in A ein, während A unter Mitwirkung des als Regulator dienenden Balges B mit Luftventil o auch bei dieser Bewegung die Luft durch das Rohr r fortgedrückt wird. — Dieser doppeltwirkende Cylinderbalg findet besonders bei transportablen Schmiedefeuern, bei Lötgebläsen u. dergl. Anwendung.

2. Gebläse mit hin- und hergehenden Kolben.

Die Gebläse mit hin- und hergehenden Kolben bilden diejenige Gruppe von Luftfördermaschinen, bei welchen ein abgedichteter Kolben infolge dieser Bewegung in einem abgeschlossenen Raum einmal Luft ansaugt und sodann unter angemessener Pressung durch eine Leitung (Luftleitung, Windleitung) dem Verbrauchsorte zuschiebt. — Je nach der Form des Kolbens unterscheidet man Kastengebläse mit quadratischem Querschnitte und Cylindergebläse mit Kreisquerschnitt, welche die Kastengebläse vollständig verdrängt haben und daher allein in Betracht kommen.

Die Bestimmung der Cylindergebläse ist in sofern verschieden, als es sich bei ihrer Verwendung für Hüttenprozesse und Lüftungszwecke darum handelt, die Luft mit geringer Pressung und zwar etwa mit 1/4 bis 3 Atm. fortzuschaffen, während für zahlreiche andere Verwendungen, namentlich Arbeitsübertragung z. B. zum Betriebe von Bergwerksmaschinen, Steinbohrmaschinen, Lufthaspeln, sodann zur Kraftverteilung (Druckluftanlagen S. 206), zur Speisung der Luftdruckbremsen, zu Fundirungsarbeiten, zum Transportiren von Flüssigkeiten und anderen Stoffen in Fabriken, zum Laden von Torpedos, zum Betriebe von Lokomotiven bei Tunnelbauten, von Nebelhörnern u. s. w. Pressungen bis zu 200 Atm. hervorzubringen sind und als endlich ihr Zweck darin besteht, in einem abgeschlossenen Raum eine Luftverdünnung zu erzeugen oder aus demselben fortwährend eintretende Luft wieder zu entfernen, z. B. in chemischen Fabriken zur Förderung des Kochens und Abdampfens, zur Bewegung von Flüssigkeit, sowie zum Absaugen der Luft aus den Kondensatoren u. s. w. Demgemäss bezeichnet man die erste Klasse als Cylindergebläse im engeren Sinne, die zweite als Luftkompressoren und die dritte als Luftpumpen.

a. Cylinder-Gebläse.

Da die Cylindergebläse ihrer Bestimmung gemäss ganz bedeutende Luftmengen mit verhältnismässig geringer Pressung zu fördern haben, so erhalten die Cylinder in der Regel sehr ansehnliche Abmessungen. Für den Betrieb eines Hochofens z. B. mit einer täglichen Produktion von 100 *t* graues Roheisen sind in der Sekunde 10,7 *cbm* gepresste Luft einzublasen und daher unter der Voraussetzung, dass der Gebläsekolben in der Minute 30 Doppelhübe ausführt, dem Cylinder ein Inhalt zu geben, der noch um das Maass der Kompression grösser als 10,7 *cbm* ist. Demgemäss sind Cylinder von 2,5 bis 3,0 *m* Durchmesser nicht selten. In vielen Fällen

würden die Betriebsverhältnisse sogar Cylinder von solchem Umfange fordern, dass man es vorzieht, zwei und selbst drei Cylinder anzuordnen, wodurch die sog. Zwillings- und Drillingsgebläse entstehen.

Trotz des kleinen Einheitsdruckes ist der Gesamtdruck von solcher Grösse, dass der Antrieb der Cylindergebläse höchst selten von einer Transmission, sondern fast immer durch unmittelbaren Anschluss an eine Kraftmaschine erfolgt und zwar am häufigsten an eine Dampfmaschine nach Art der Dampfpumpen (S. 850 Fig. 756), indem Gebläse- und Dampfmaschinenkolben an einer gemeinschaftlichen, durch beide Cylinder gehenden Kolbenstange sitzen. — Bei dem verhältnismässig selten zur Verwendung kommenden Antrieb durch Wasserkraftmaschinen (Turbinengebläse, Wasserradgebläse, Wassersäulengebläse) vermittelt ein Kurbelmechanismus vielfach unter Einschaltung eines Balanziers die Arbeitsübertragung mit Ausnahme des Wassersäulengebläses, dessen Anschluss nach Art der S. 706 Fig. 598 beschriebenen Wassersäulenpumpe stattfindet. — Da das eigentliche Gebläse bei den verschiedenen Antriebsmaschinen wesentliche Unterschiede nicht darbietet, so genügt hier eine eingehende Betrachung der Dampfmaschinengebläse.

In Bezug auf die Aufstellung unterscheidet man stehende und liegende und sodann bei den stehenden je nach der Verbindung des Gebläses mit der Dampfmaschine Gebläse mit nebeneinander stehenden Cylindern unter Einschaltung eines Balanziers und mit übereinander stehenden Cylindern, wobei der Gebläsecylinder entweder unten oder oben angeordnet ist.

Die Verwendung der gepressten Luft zu Verbrennungszwecken setzt eine möglichst gleichmässige Förderung unter konstantem Drucke voraus. Um diese zu erreichen, werden die Cylindergebläse nicht nur ausschliesslich doppeltwirkend konstruirt, sondern auch mit Regulirungen versehen, die eine Ausgleichung der Massenbewegung und der Druckunterschiede bezwecken und daher in Schwungrädern (S. 244) und Windregulatoren bestehen. Die hier zu erwähnenden Windregulatoren bilden vielfach besonders aufgestellte entsprechend grosse Behälter nach der Art der Windkessel (S. 835), welche den Wind, häufig von mehreren Gebläsen, aufnehmen und in die Leitung eingeschaltet sind. Man unterscheidet Regulatoren mit veränderlichem Volumen, indem man den Behälter mit beweglichen Wänden versieht, die bei grösserem Drucke das Volumen vergrössern und bei der Druckabnahme wieder verkleinern, z. B. nach Art der Gasometer mit schwimmender Glocke, oder mit unveränderlichem Volumen, indem man den Behälter aus festen Wänden mit einem so grossen Volumen herstellt, dass in demselben die Pressung trotz des veränderlichen Zuströmens nahezu konstant bleibt. Ihrer Einfachheit halber geniessen letztere den Vorzug, zumal sie bei langen Leitungen durch diese oft vollständig ersetzt, also als selbständige Regulatoren entbehrt werden können. — Dass bei Zwillings- und Drillingsmaschinen die Regelmässigkeit auch noch wesentlich durch Versetzung der Kurbeln auf der Schwungradwelle erhöht wird, geht aus der Betrachtung S. 494 hervor.

Die Öffnungen, welche die Luft ein- und auslassen, befinden sich entweder in den Cylinderdeckeln, oder in besonderen, an den Enden um die Cylinder herumlaufenden Kammern und zwar gewöhnlich in der Weise verteilt, dass die Eintrittsöffnungen einen grösseren Querschnitt besitzen,

als die Austrittsöffnungen. Erstere sind mit Klappen oder Ventilen versehen, die sich nach innen öffnen, letztere besitzen Verschlussorgane, die sich nach aussen öffnen, und sich unmittelbar an die Windleitung anschliessen. Mitunter wird auch die ganze Deckelfläche zum Eintritte der Luft und ein Teil der Cylinderfläche zum Austritte benutzt. — Sämtliche Anordnungen der Gebläsecylinder lassen sich auf einige Grundformen zurückführen.

Die stehenden Gebläse erhalten in der Regel Tellerventile, welche (Fig. 791) in ringförmigen Kammern A, E übereinander angebracht werden, und zwar in der Weise, dass die grösseren Saugventile a unter den kleineren

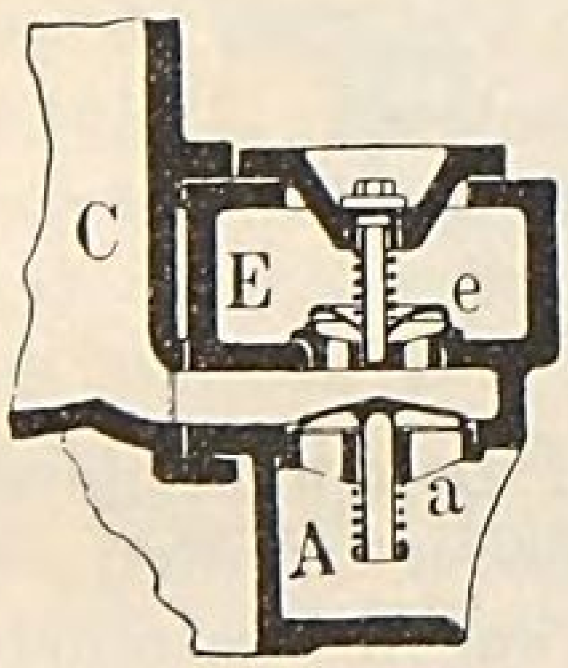


Fig. 791.

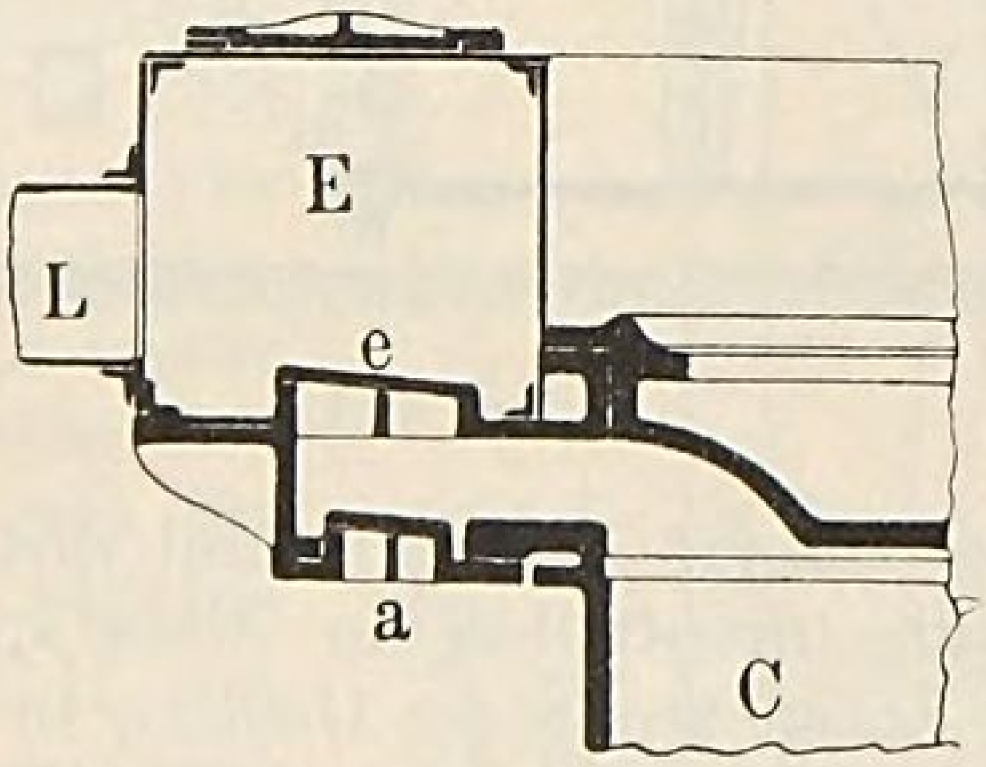


Fig. 792.

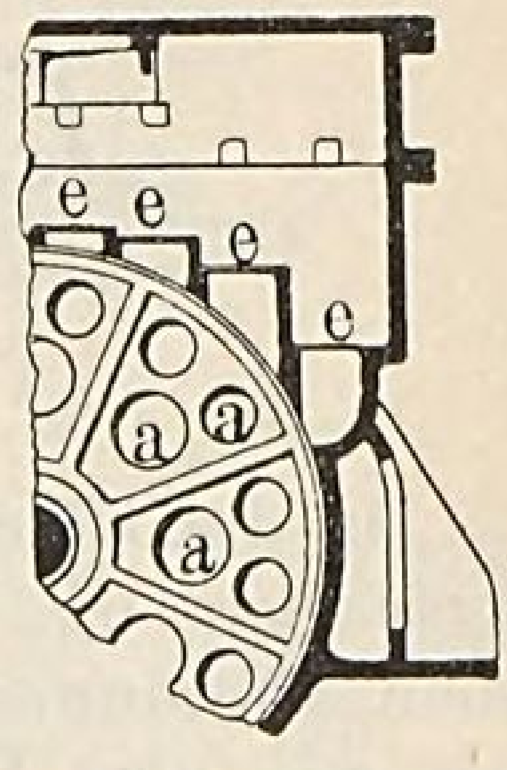


Fig. 793.

Druckventilen e sitzen. Die Luft tritt durch die seitwärts offene Kammer A ein und durch die Ventile e in den geschlossenen Ring E der durch einen längs des Cylinders sich hinziehenden Seitenkanal, in den auch die andere Kammer einmündet, mit der Windleitung in Verbindung steht. — Unter den ebenfalls in zahlreichen Ausführungen vorkommenden Klappenverschlüssen sei nur die in Fig. 792 dargestellte erwähnt, bei welcher die Eintrittsklappen a und die Austrittsklappen e rund um den Cylinder in einem Ringkanal E verteilt sind, von dem ein Rohr L zur Leitung abzweigt.

Um die ganze Deckelfläche für die Anbringung der Saugventile zu gewinnen, wird neuerdings oft die Verteilung der Ventile nach Fig. 793 getroffen, indem man die Druckventile e, e auf der Oberfläche des Cylinders in einer Reihe nebeneinander anbringt, während die Saugventile a, a zu je drei in einem Sektor der Deckel angeordnet werden.

Fig. 794 stellt die gewöhnliche Konstruktion eines liegenden Gebläsecylinders dar. Der Cylinder C ist mit zwei gleichen Deckeln D, D abgeschlossen, die in der Mitte mit Stopfbüchsen u, u zur Führung und Abdichtung der Kolbenstange s, s dienen, die bei F eine Stützung und Führung auf einer Gleitbahn, bei G mittels eines Kreuzkopfes unter Anschluss an die Kolbenstange der Dampfmaschine findet. Die Verschlussorgane bestehen aus Klappen, welche an den Deckeln derart verteilt sind, dass die nach innen schlagenden also Einlassklappen a, a, die untere und die nach aussen schlagenden Austrittsklappen e, e die obere Fläche der Deckel in der Verteilung einnehmen, dass die untere Fläche etwa $^{2}/_{3}$, die obere etwa $^{1}/_{3}$ der Gesamtfläche ausmacht. Die Luft wird der nächsten Umgebung des Gebläses entnommen und durch Kammern E, E und das Druckrohr L in die Leitung gepresst. — Unter den Abweichungen von dieser Grundanordnung

sind besonders diejenigen bemerkenswert, bei welchen die Klappen durch einfache Tellerventile ersetzt sind, deren nach aussen tretende Spindeln Schraubenfedern tragen, die den Verschluss sichern (Fig. 148 S. 106).

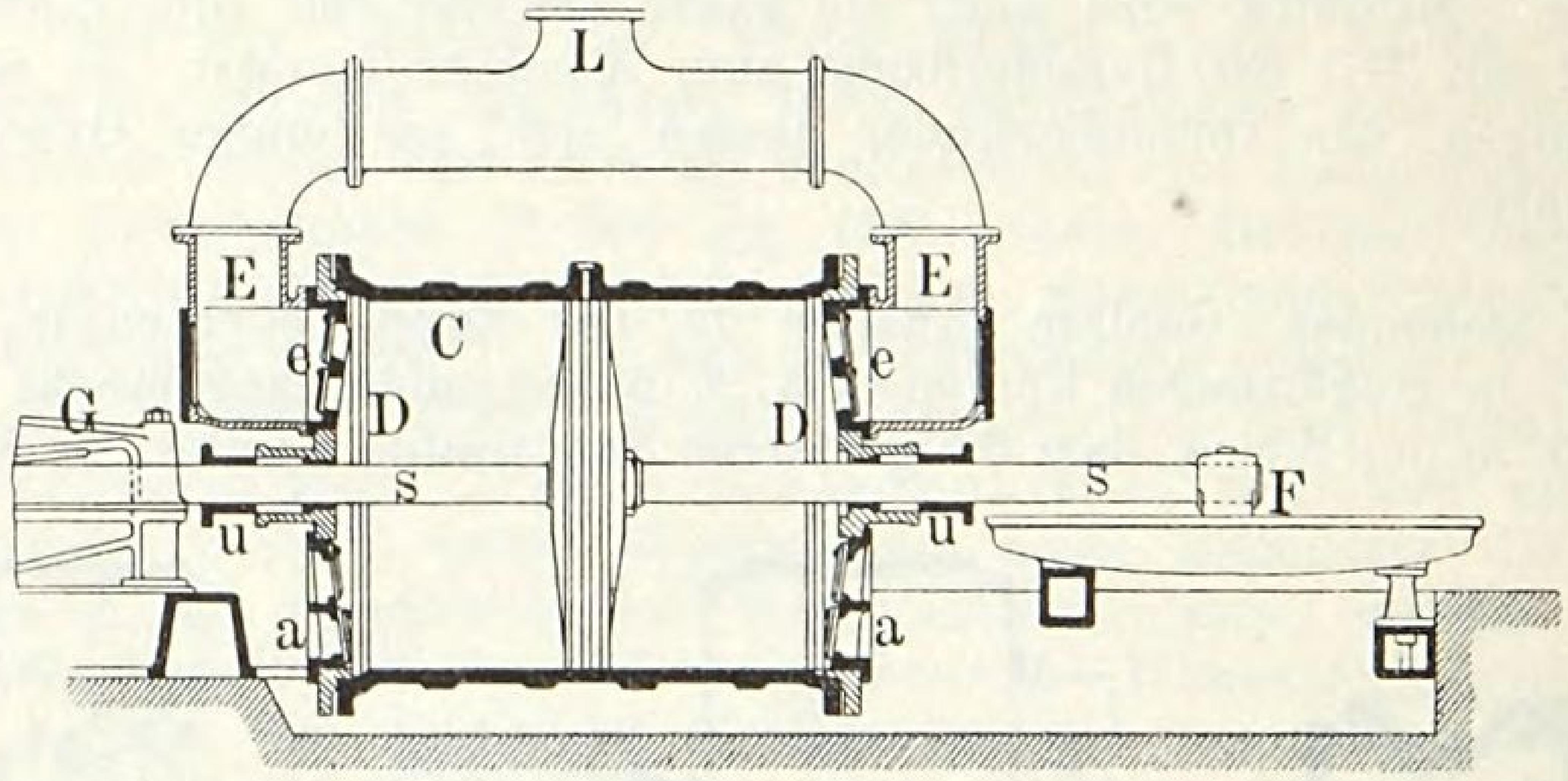


Fig. 794.

Da die Gebläse in weitaus grösster Zahl direkt von Dampfmaschinen angetrieben und deshalb unmittelbar an diese angeschlossen werden, so stehen Anordnung und Entwicklung der Gebläse in einem engen Zusammenhang mit dem Fortschritte im Dampfmaschinenbau. Daraus erklärt sich unter anderem zur Genüge die Thatsache, dass einfache Gebläse immer seltener, Zwillingsgebläse dahingegen immer mehr bevorzugt werden, weil dieselben sich mit Verbunddampfmaschinen (S. 497) antreiben lassen und dadurch auch die günstigste Dampfausnutzung gewähren. —

Die stehenden Gebläsemaschinen weisen insofern bedeutende Verschiedenheiten auf, als Dampf- und Windcylinder entweder neben einander oder übereinander stehen.

Im ersten Fall ist die Vermittlung eines Balanziers notwendig, wodurch jene Ausführung entstand, bei welcher an dem einen Ende eines Balanziers der Dampfmaschinenkolben zum Angriffe kommt und das andere Ende den Gebläsecylinderkolben aufnimmt. Da diese einfache Anordnung nur eine geringe Kolbengeschwindigkeit zulässt, dahingegen unter gleichzeitiger Ausgleichung der bewegten Massen und Geschwindigkeiten mittels Schwungräder in ihrer Leistungsfähigkeit ausserordentlich gesteigert wird, so gehörten die Balanziergebläsemaschinen mit Schwungrädern, also Hilfsrotation (S. 849) zu den verbreitetsten Luftfördermaschinen im Hüttenwesen.

Durch Übereinanderstellung der Cylinder entsteht ein System von noch einfacherer Anordnung, da die Vermittlung des Balanziers und damit zugleich ein weiteres Hindernis für grössere Geschwindigkeiten wegfällt. In Verbindung mit einer Hilfsrotation besitzt daher dieses System gegenüber den Balanziermaschinen weitere Vorzüge, so dass bei Neuanlagen letztere kaum noch in Betracht kommen dürften.

Als Typus einer stehenden Gebläsemaschine mit Hilfsrotation kann die in Fig. 795 vor Augen geführte gelten. Auf vier Hohlgusssäulen S ruht der Windcylinder C, dessen Kolben mittels der Stange t an eine Traverse angeschlossen ist, die mit dem Kreuzkopf k und Linealen f geführt

wird. Auf einer Fundamentplatte erheben sich die zwei Cylinder D einer Dampfmaschine, System Woolf (Fig. 423, S. 496), deren Kolben mit ihren Stangen s ebenfalls mit der Traverse verbunden sind, von der ausserdem noch zwei Schubstangen z zu zwei Kurbeln einer Schwungradwelle mit zwei Schwungrädern abwärts führen. Die Steuerorgane des Windcylinders sind Klappen oder Tellerventile (Fig. 792, 793). Die Luft gelangt zunächst von beiden Cylinderenden in die Kammer E und von dieser in die Leitung L. Da diese Maschine sehr hoch ist, so dienen zwei Galerien G, G, die durch Treppen unter sich und mit dem Fussboden verbunden sind, als Standorte für die Wärter. Über der unteren Gallerie schwebt ein Hebel H, der von der Traverse in Schwingung gesetzt wird, um die mit der Dampfmaschine verbundene Kondensatorluftpumpe P sowie Kesselspeisepumpe p anzutreiben.

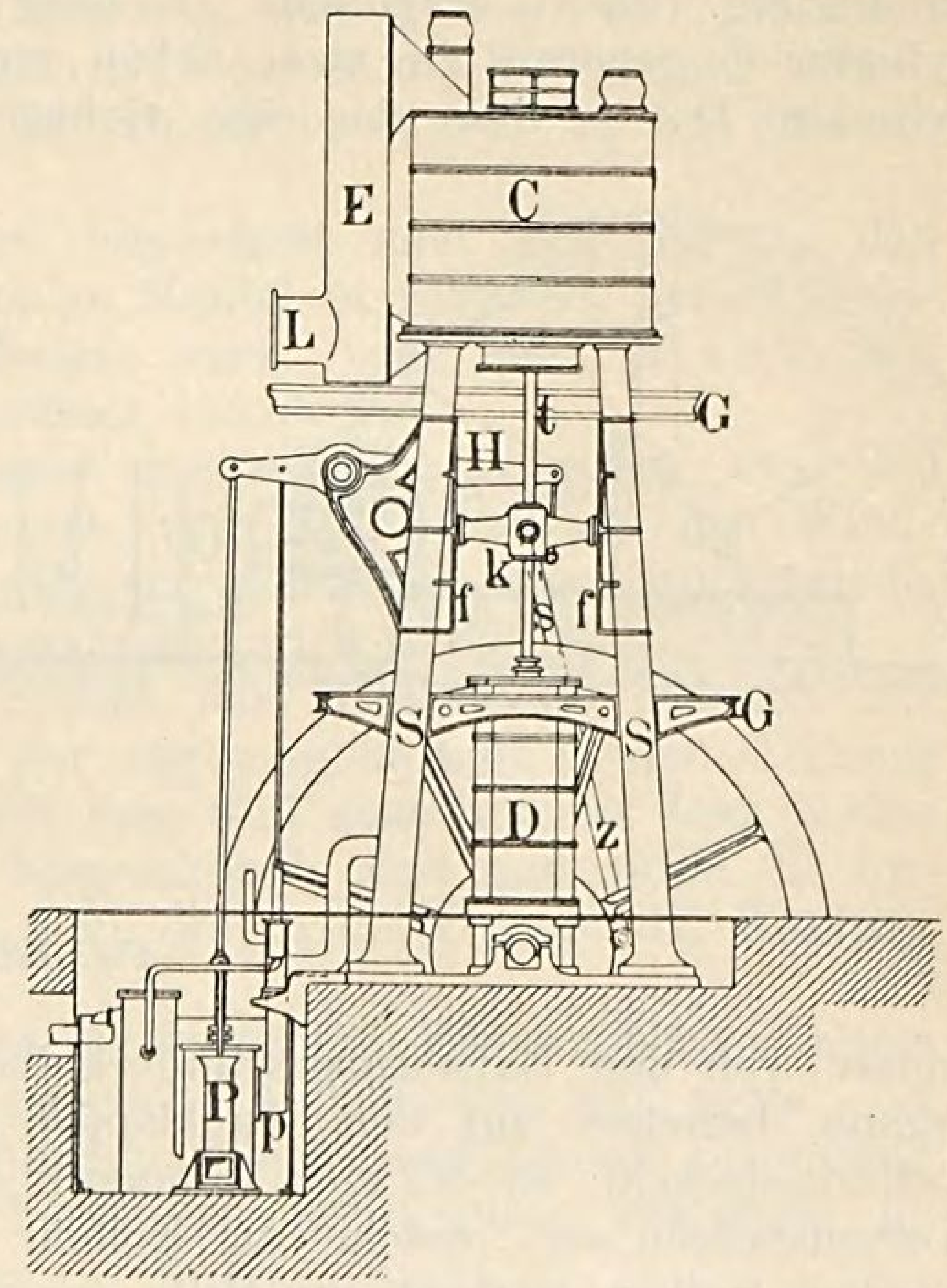


Fig. 795.

Bei einer Ausführung dieser Gebläsemaschine hat der Windcylinder einen Durchmesser von 3000 *mm* und der Kolben einen Hub von 2440 *mm*, so dass die Maschine bei der gewöhnlichen Umdrehzahl von 15 in der Minute und einer Pressung von 0,329 Atm. auch minutlich 388 *cbm* Luft fördert mit einer Leistung der Betriebsmaschine von 260 indizierten Pferdestärken.

Eine bemerkenswerte Abweichung von dieser Bauart ist durch das Bestreben entstanden, der ganzen Maschine eine möglichst grosse Standfestigkeit zu geben, und dadurch erreicht, dass man den grossen Windcylinder unten und die Dampfmaschine oben angebracht hat. — Doch haben weder diese noch andere Ausführungen daneben eine nennenswerte Aufnahme gefunden.

Die liegenden Cylindergebläse zeigen ebenfalls verschiedene Ausführungsformen von denen folgende besonders bemerkenswert erscheinen:

1. ein Windcylinder mit einem davorliegenden Dampfcylinder und einer gemeinschaftlichen Kolbenstange ohne Schwungrad,

2. ein Windcylinder mit zwei daneben liegenden Dampfcylindern, deren Kolbenstangen an beiden Enden mittels Traversen an die Gebläsekolbenstange angeschlossen sind,

3. ein Windcylinder mit einem davor liegenden Dampfcylinder, einer gemeinschaftlichen Kolbenstange und einem Schwungrade zur Hilfsrotation.

Die letzte Anordnung kann als die gebräuchlichste und zweckmässigste gelten namentlich in der Ausführung als Zwillingsmaschine und mit gleich-

zeitiger Anwendung einer zweicylinderischen Verbunddampfmaschine (Fig. 425 S. 496). Das Wesentlichste einer solchen Zwillingsverbundmaschine mit selbstthätig sich öffnenden und zwangläufig schliessenden Ventilen (Riedler) ist aus Fig. 796 zu erkennen. Die zwei neben einander liegenden Gebläsecylinder C gehören zu zwei neben einander liegenden Dampfmaschinencylindern D, so dass der eine Gebläsekolben von dem Hochdruck-, der

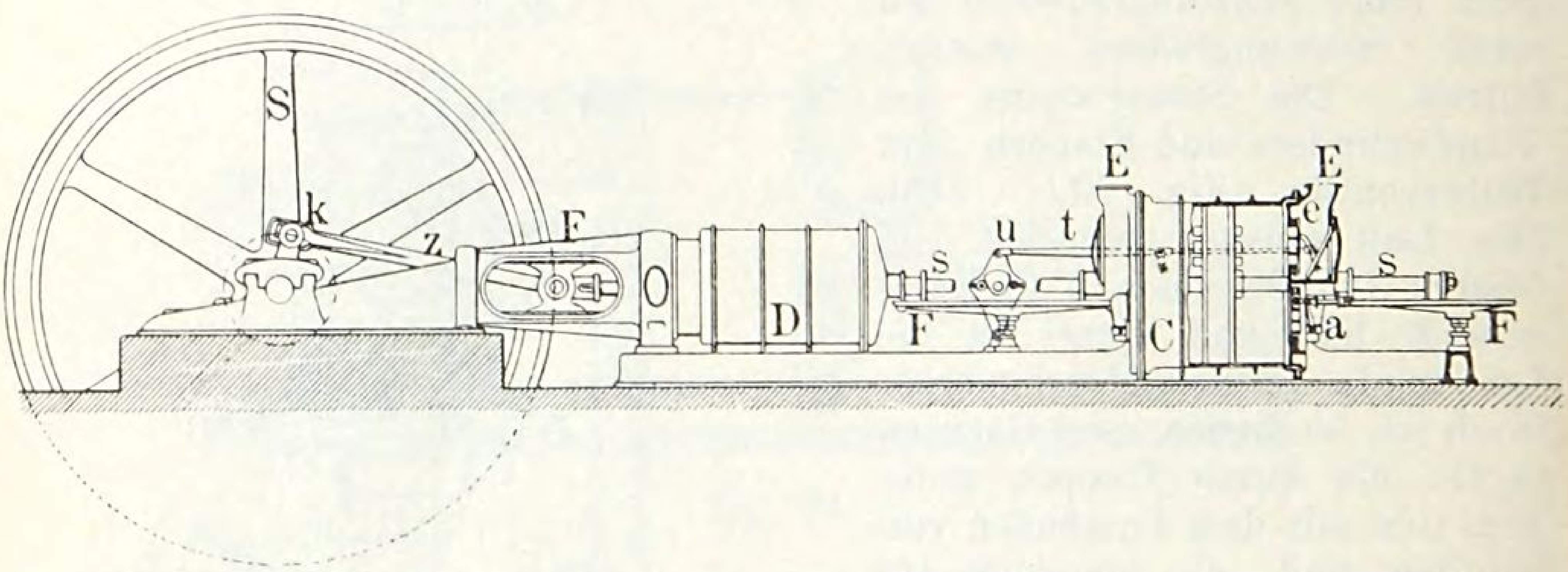


Fig. 796.

andere von dem Expansionscylinderkolben bethätigt wird. Die Verschlussorgane bestehen aus den Saugklappen a und den Druckklappen e in den Cylinderdeckeln, an die sich Kammern E E zur Leitung anschliessen. Die Kolbenstangen s s, welche die Kolben verbinden und bei F, F, F geführt werden, treiben zugleich mit Hilfe der Schubstangen z und Kurbeln k eine Welle mit schwerem Schwungrade S. Zur gesteuerten Schlussbewegung der Klappen dienen Daumen oder Hebel für die Druckklappen, Zugstangen für die Saugklappen. Diese Daumen und Hebel sitzen an kurzen Querwellen, welche durch Stangen t in Schwingung versetzt werden. Zu dem Zwecke wird von einem drehenden Exzenter aus das Stück u hin- und herbewegt, an welchem die Schubstange t angreift und die drehende Bewegung des gegen Rollen wirkenden Exzenters von einer kurzen Querwelle aus bewerkstelligt, die ihre Drehung von der Schwungradwelle mittels einer horizontalen Welle mit Kegelzahnrädern erhält, ähnlich wie die Steuerwelle x (Fig. 476, S. 554). Da der Windkolbendurchmesser dieser Maschine 1750 *mm* und der Hub 1200 *mm* beträgt, so liefert diese Maschine bei jeder Umdrehung der Schwungradwelle nahezu 6 *cbm*, also bei 40 Umdrehungen in der Minute 240 *cbm* Luft.

b. Luftkompressoren.

Die Luftkompressoren unterscheiden sich von den Cylindergebläsmaschinen wesentlich nur durch den Umstand, dass ihnen ihrer Bestimmung nach die Aufgabe zufällt, Luft mit einem hohen Kompressionsdrucke auszustatten. Infolge des sich hierbei abspielenden physikalischen Vorganges, der sich je nach dem Kompressionsgrade in einer mehr oder weniger starken Erwärmung zeigt (S. 210), sind zunächst sämtliche Kompressoren mit Kühlvorrichtungen auszustatten und in Bezug auf die Auswahl von Dichtungseinrichtungen und Material gewissen Beschränkungen unterworfen, indem

z. B. Dichtungsklappen aus Leder, Kautschuk, Filz u. dergl. nur unter sehr günstigen Verhältnissen zur Verwendung gelangen können.

Selbstverständlich richtet sich Grösse und Bauart nach den Bestimmungszwecken, so dass in dieser Beziehung eine grosse Mannigfaltigkeit vorhanden ist. Besonders eigentümlich sind jedoch die Kühlungsmethoden, so dass zweckmässig hiernach die Luftpresser in trockne, halbnasse und nasse eingeteilt werden.

Bei den trocknen Kompressoren beschränkt man sich darauf, den Windcylinder entweder mit einem hohlen Mantel zu versehen, dessen Hohlraum von Kühlwasser stetig durchflossen wird, oder ganz in einen Behälter einzuschliessen, in dem Kühlwasser zirkulirt.

Die halbnassen Kompressoren sind dadurch charakterisirt, dass die Abkühlung der Luft durch Einspritzen von Kühlwasser in den Windcylinder und zwar entweder nur während der Saug- oder Druckperiode, oder während beider Perioden hervorgebracht wird.

In den nassen Kompressoren kommt das Kühlwasser dadurch zur Wirkung, dass man es zugleich mit der angesaugten Luft in den Cylinder laufen lässt und mit der Luft wieder zum Teil austreibt, so dass es von dem Kolben im Cylinder hin- und hergeschoben wird und durch die unmittelbare Einwirkung auf die Luft und die Cylinderwände die Kühlung erzeugt.

Bei der Wahl eines Kompressors für bestimmte Zwecke ist vor allem der Umstand maassgebend, ob die gepresste Luft trocken sein muss oder feucht sein darf und im letzten Fall noch auf leicht stattfindende Eisbildung mit ihren Folgen (Einfrieren und Verstopfen der Leitung) Rücksicht zu nehmen.

Wird die Hervorbringung höherer Pressung (von 6 Atm. aufwärts) bezweckt, so ist es angezeigt, die Herstellung dieses Druckes stufenweise d. h. in der Weise vorzunehmen, dass man je nach der Grösse des Enddruckes zwei und mehrere Winddruckcylinder hintereinander anwendet, und die gepresste Luft des ersten Cylinders dem zweiten zuführt u. s. w. Dadurch sind die Verbund- oder Kompound-Kompressoren entstanden, in denen z. B. in drei Stufen die Luft auf 125 Atm. komprimirt wird, wenn man in drei Cylindern der Reihe nach eine fünffache Kompression bewirkt. Dabei sind natürlich den nächstfolgenden Cylindern entsprechend kleinere Abmessungen zu geben, weil die Luftvolumen proportional dem Drucke abnehmen. Der Übergang der Luft von einem Cylinder in den nächstfolgenden kann dann entweder direkt stattfinden, indem der Saugraum des letzteren mit dem Druckraum des ersteren in Verbindung gebracht wird, oder indirekt durch einen zwischen den Druckcylindern angebrachten Behälter, um in diesem zugleich eine sehr erwünschte Abkühlung durch Zirkulations- oder Einspritzwasser zu erfahren.

Der Arbeitsvorgang in dem Kompressor setzt sich, wie bei den Pumpen, aus Saug- und Druckperiode zusammen. Ist nun die Maschine in Thätigkeit, so befindet sich bei Beginn der Saugperiode noch von der vorhergehenden Druckperiode in dem schädlichen Raum komprimirte Luft, welche das Öffnen des Saugventils so lange verhindert, bis nach einem entsprechenden Kolbenweg zwischen eingeschlossener und zutretender Luft Gleichgewicht entstanden ist. Um die damit verbundene Verminderung des Wirkungs-

grades zu verkleinern oder zu beseitigen, ist bei der Anordnung der Steuerung und der Abmessungen der Cylinder darauf zu sehen, dass ein möglichst kleiner schädlicher Raum z. B. bei nassen Kompressoren durch das Hinausdrängen sämtlicher Luft von dem nachfolgenden Wasser, oder ein Ausgleich des Druckunterschiedes dadurch gewonnen wird, dass im Augenblicke des Hubwechsels zwischen den beiden Cylinderräumen vorübergehend eine Verbindung entsteht. Diese Verbindung hat zur Folge, dass am Schlusse der Druckperiode die komprimirte Luft sich der angesaugten Luft am anderen Cylinderende mitteilt und im Augenblicke des Hubwechsels die Saugwirkung nicht verhindert. — Eine diesem Zwecke häufig dienende Anordnung besteht aus einem Verteilungsschieber nach Art eines Kanalschiebers (Fig. 448 S. 523) mit solcher Verteilung des inneren Kanals e und der Deckflächen, dass bei der mittleren Stellung des Schiebers der Kanal e die Cylinderkanäle a und b verbindet (Schieberkompressor mit Druckausgleichung).

Die trockenen Kompressoren schliessen sich in Einrichtung und Wirkung unmittelbar an die Gebläsemaschinen an, zumal sogar in einzelnen Fällen auf die Abkühlung verzichtet wird, z. B. dann, wenn sie nur vorübergehend im Gebrauch stehen oder wenn die Beschaffung des Kühlwassers Schwierigkeiten bereitet.

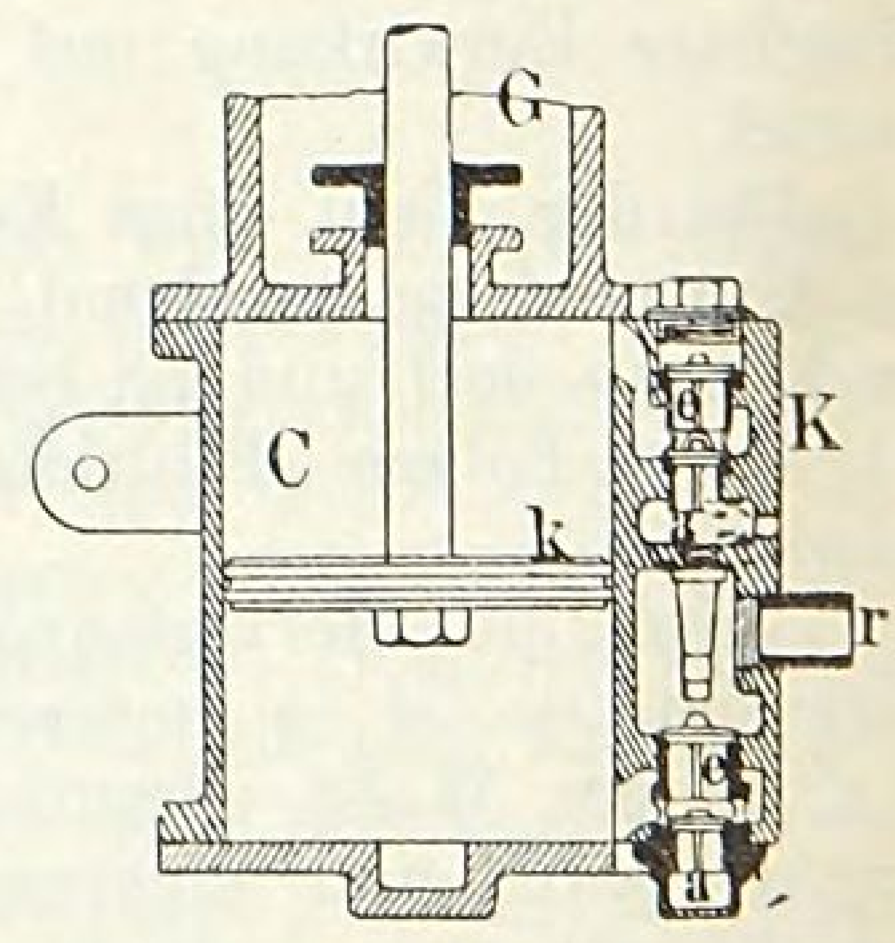


Fig. 797.

Ein Kompressor ohne Kühlung dient unter anderem zur Erzeugung von Druckluft, mit welcher die Luftdruckbremsen an Eisenbahnfahrzeugen in Thätigkeit gesetzt werden und zwar vielfach in der durch Fig. 797 vor Augen geführten Einrichtung (Westinghouse). Der in dem Windcylinder C sich bewegende Kolben k erhält seinen Antrieb von einer Dampfmaschine, welche an der Fortsetzung des Rahmens G befestigt ist. In der Kammer K befinden sich zwei Einlassventile a, a und zwei Druckventile e, e derart übereinander, dass sie mühelos auszunehmen und einzusetzen sind. Infolge der Doppelwirkung und raschen Bewegung des Kolbens gelangt die von aussen angesaugte Luft mit einer Pressung von 4 bis 5 Atm. durch den selbstthätigen Ventilwechsel und das Leitungsrohr in einen auf der Lokomotive angebrachten Hauptbehälter, um aus diesem zu den einzelnen Bremsen zu gelangen.

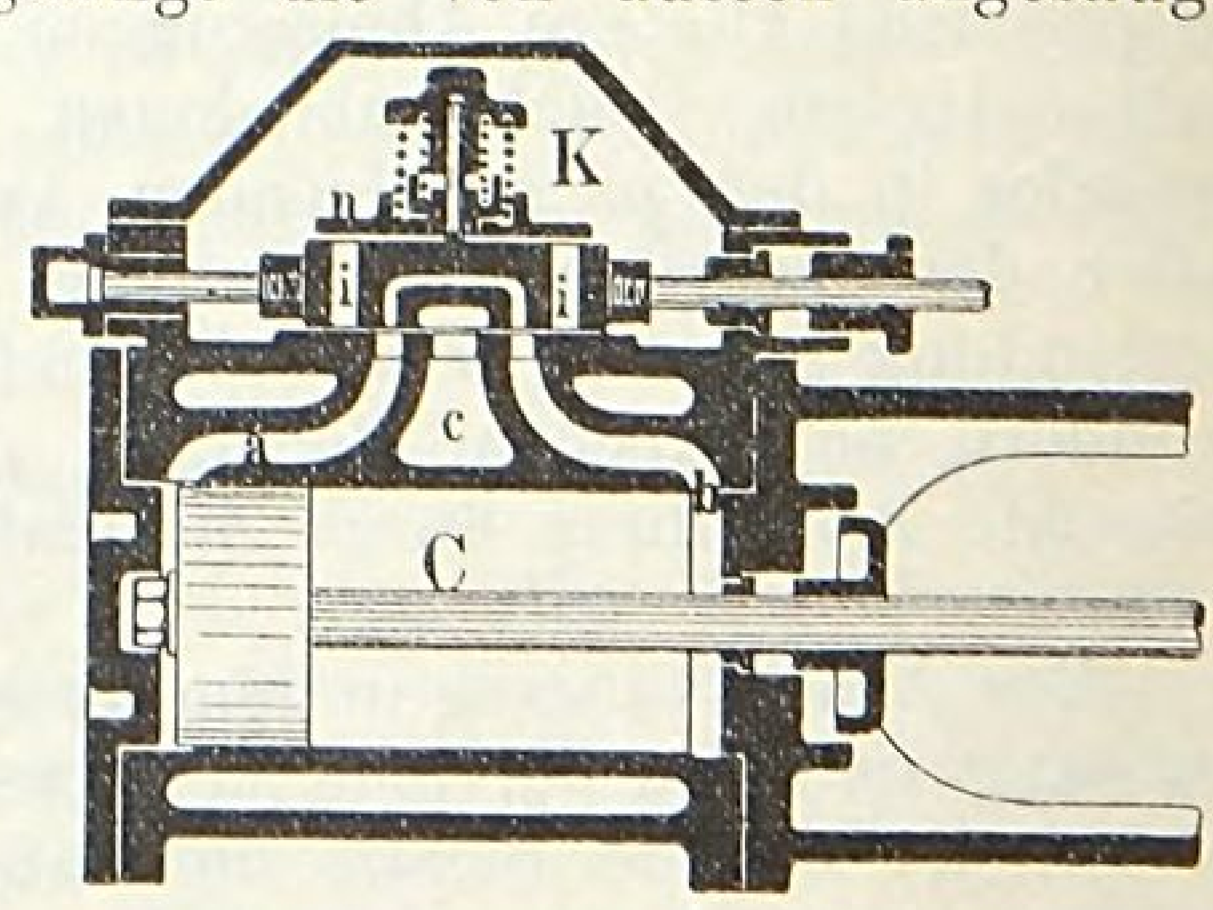


Fig. 798.

In Fig. 798 ist ein Kompressor mit Schiebersteuerung und Druckausgleichung (W e i s s) dargestellt. Der zum Zwecke der Abkühlung mit einer hohlen Wand versehene Druckcylinder C besitzt zunächst ähnlich einer Schiebersteuerung einer Dampfmaschine die drei Luftkanäle a, b, c, welche auf einen Schieberspiegel ausmünden, auf dem der Verteilungsschieber nach bekannten Gesetzen mittels eines Exzenters bewegt wird. Der

Verteilungsschieber ist an der unteren Fläche e nach Art eines Muschelschiebers ausgebildet, mit einem Kanal, mit zwei Durchbrechungen i i und auf dem Rücken mit einer Platte n (Rückschlagventil) versehen, die mittels einer Spiralfeder angepresst wird. Während der Saugperiode wird die Luft von aussen durch den Saugkanal c und einen der beiden Kanäle a und b in den Cylinder gesaugt und gleichzeitig die im Cylinder komprimirte Luft durch einen der Durchlasskanäle i unter Hebung der Platte n in die Kammer K und aus dieser in die Leitung beziehungsweise Sammelkammern gepresst, wobei nur der Druck einer Feder zu überwinden ist. Wenn der Presskolben k am Ende seines Weges angekommen und der Schieber demgemäss in die Mittelstellung gelangt ist, befindet sich der Kanal mit seinen Ausgängen über den Kanälen a und b und bewirkt somit rechtzeitig beim Hubwechsel die oben erwähnte Druckausgleichung mit solchem Erfolg, dass ein bedeutend grosser volumetrischer Nutzeffekt (90 %) erzielt werden kann.

Der in Fig. 799 dargestellte Kompressor (Stnrad) ist dadurch bemerkenswert, dass derselbe mit Rundschiebersteuerung und mit einer Wasser-

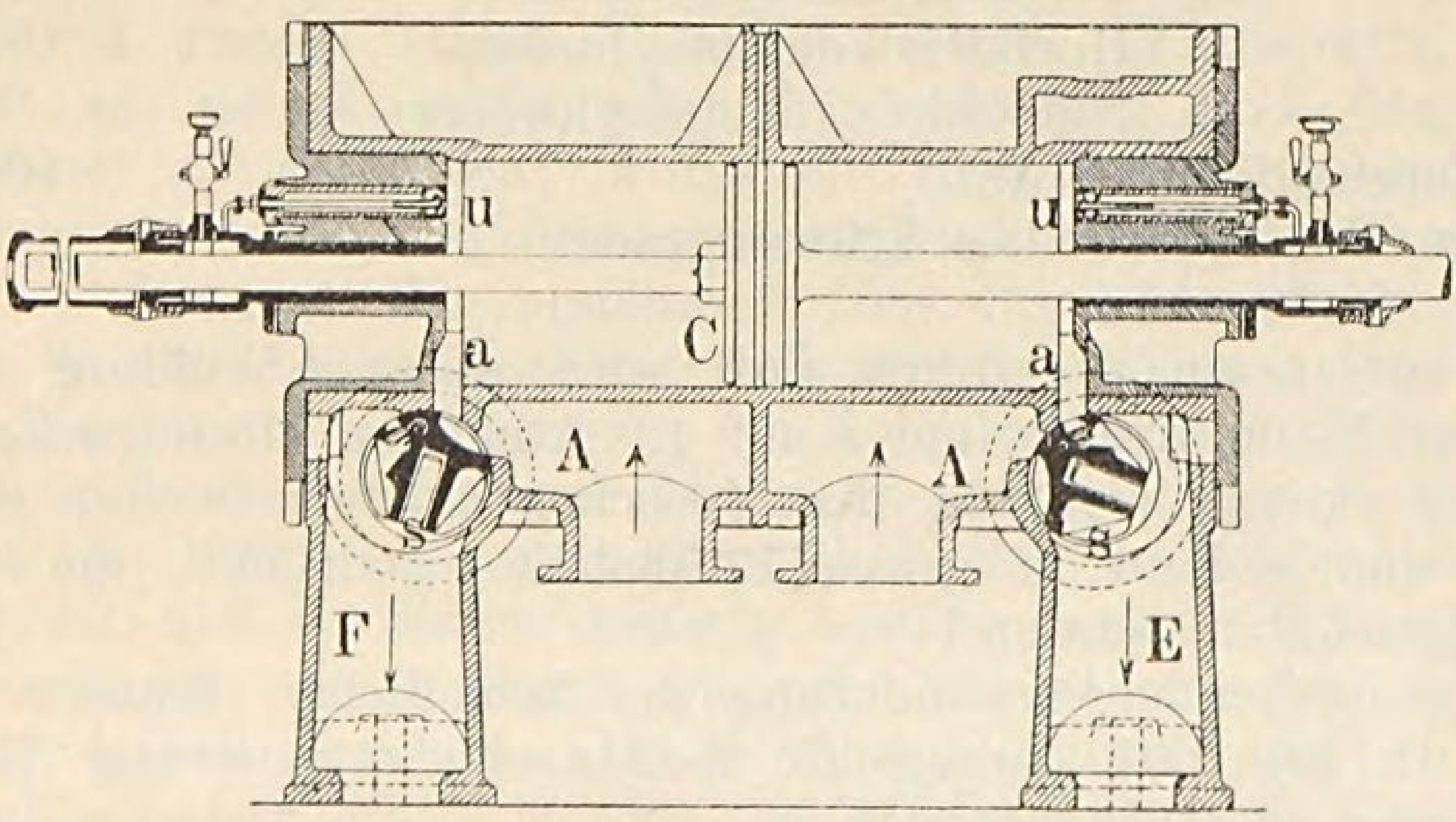


Fig. 799.

einspritzung versehen ist, die auch ausser Thätigkeit gesetzt werden kann, so dass der Kompressor sowohl zu den trockenen als den halbnassen gehört. Die nach Art der Corlisschieber (Fig. 468, S. 542) wirkenden und bewegten Rundschieber s, s (Fig. 532) dienen zugleich als Einlass-, Auslass- und Ausgleichungsorgane, indem sie beim Ansaugen die Luftkammern A, A, beim Komprimiren und Austreiben die Luftkammern E, F mit dem inneren Raum des Luftcylinders C in Verbindung setzen und mittels ihrer Kanten 1, 2, 3,4 den rechtzeitigen Schluss der Saugperiode und Beginn der Druckperiode regeln. In dem Schieber (Fig. 800) befindet sich ferner eine Metallklappe i, welche durch eine Feder und die im Druckraum befindliche Luft den letzteren gegen den Cylinderraum so lange abschliesst, bis der Kompressionsdruck die im Druckraum herrschende Spannung übersteigt. Dadurch wird den Druckschwankungen im Druckraum Rechnung getragen, ein schneller Abschluss bewirkt und ein kleiner schädlicher Raum gewonnen. Der äussere Antrieb der Schieber erfolgt unmittelbar von der

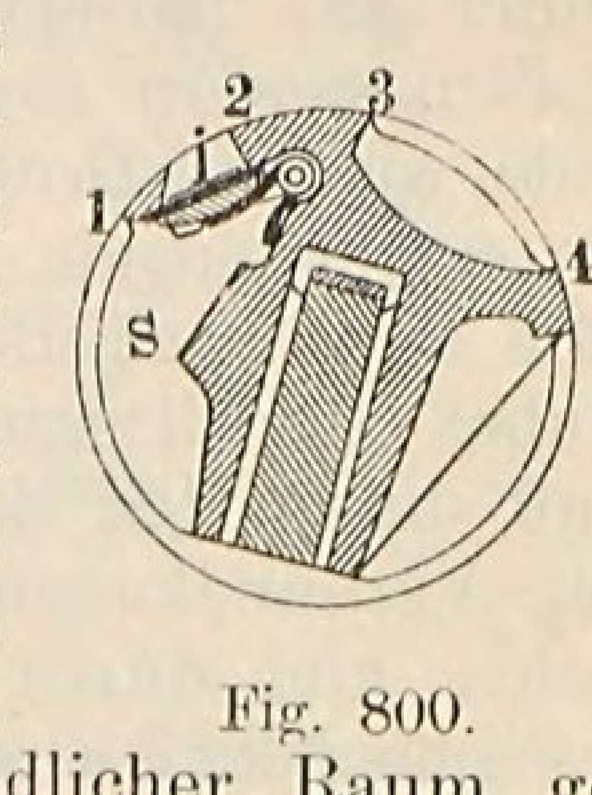


Fig. 800.

Exzentersteuerung der Auslasschieber der Dampfmaschine aus, die ebenfalls mit Rundschiebern gesteuert wird. Zum Zwecke der Einspritzung erhält jeder Cylinderdeckel eine Bohrung u, die an der äusseren Fläche die Leitung des Kühlwassers aufnimmt und an der inneren Fläche kegelförmig ausläuft. Eine kegelförmige an einer Stange sitzende Scheibe kann zugleich zur Regulirung der Einspritzung dienen und bewirkt, dass das Wasser in einem hohlen Strahl eingespritzt wird.

Der vorstehend beschriebene Kompressor hat Anwendung gefunden bei einer Druckluftanlage in Offenbach, welche aus zwei Verbundkompressoren und je einem zwischen den Druckcylindern angebrachten Zwischenbehälter für die Abkühlung und Sammlung der im Niederdruckcylinder komprimirten Luft besteht. Zum Antriebe dienen zwei Verbunddampfmaschinen mit Schwungrädern, deren Kolben durch Stangen mit den Kompressorkolben direkt derart verbunden sind, dass die Hochdruckkolben der Dampfmaschinen mit den Hochdruckkolben der Kompressoren und ebenso die Kolben beider Niederdruckcylinder zusammen gehören. Als Abmessungen und Geschwindigkeiten sind gewählt:

Durchmesser des Hochdruckluftcylinders	400 *mm*
„ „ Niederdruckluftcylinders	650 „
„ „ Hochdruckdampfcylinders	550 „
„ „ Niederdruckdampfcylinders . . .	800 „
Gemeinschaftlicher Hub	1000 „
Mittlere Umdrehzahl des Schwungrades	50 „
„ Luftspannung	7 Atm.

Die von aussen zugeführte Luft wird unter Abkühlung durch Einspritzung im Niederdruckcylinder auf 1,9 Atm., im Hochdruckcylinder auf 6 bis 8 Atm. komprimirt, in den Zwischenbehältern weiter gekühlt und entwässert und sodann in grosse Luftbehälter gedrückt, die in die Luftleitung eingeschaltet werden.

Eine weitgehende Verminderung des schädlichen Raumes wird auch durch die in Fig. 801 dargestellte Kolbenschiebersteuerung (Köster) erreicht. In zwei, dem Innern des Kompressorcylinders möglichst nahe liegenden Gehäusen befinden sich die beiden Kolbenschieber a, a auf einer gemeinschaftlichen Schieberstange s, welche mittels des Stückes b mit der Stange t verbunden ist, die von einem Exzenter aus bewegt wird. Diese Kolben steuern sowohl das Saugende wie das Druckende, indem die entsprechende Kante die Kanäle e, e nach Beendigung des Hubes abschliessen und zu Beginn des Hubes öffnen. Hierbei wird die Luft durch den Saugraum A angesaugt, der entweder mit der Luft oder, bei Verbundkompressoren, mit dem Niederdruckcylinder in Verbindung steht, und durch den Druckraum E in die Leitung beziehungsweise den Zwischenbehälter gepresst. Damit die fortgedrückte Luft bei Eintritt der Druckperiode nicht in den Cylinder zurückkehrt, ist vor jedem Kolben ein

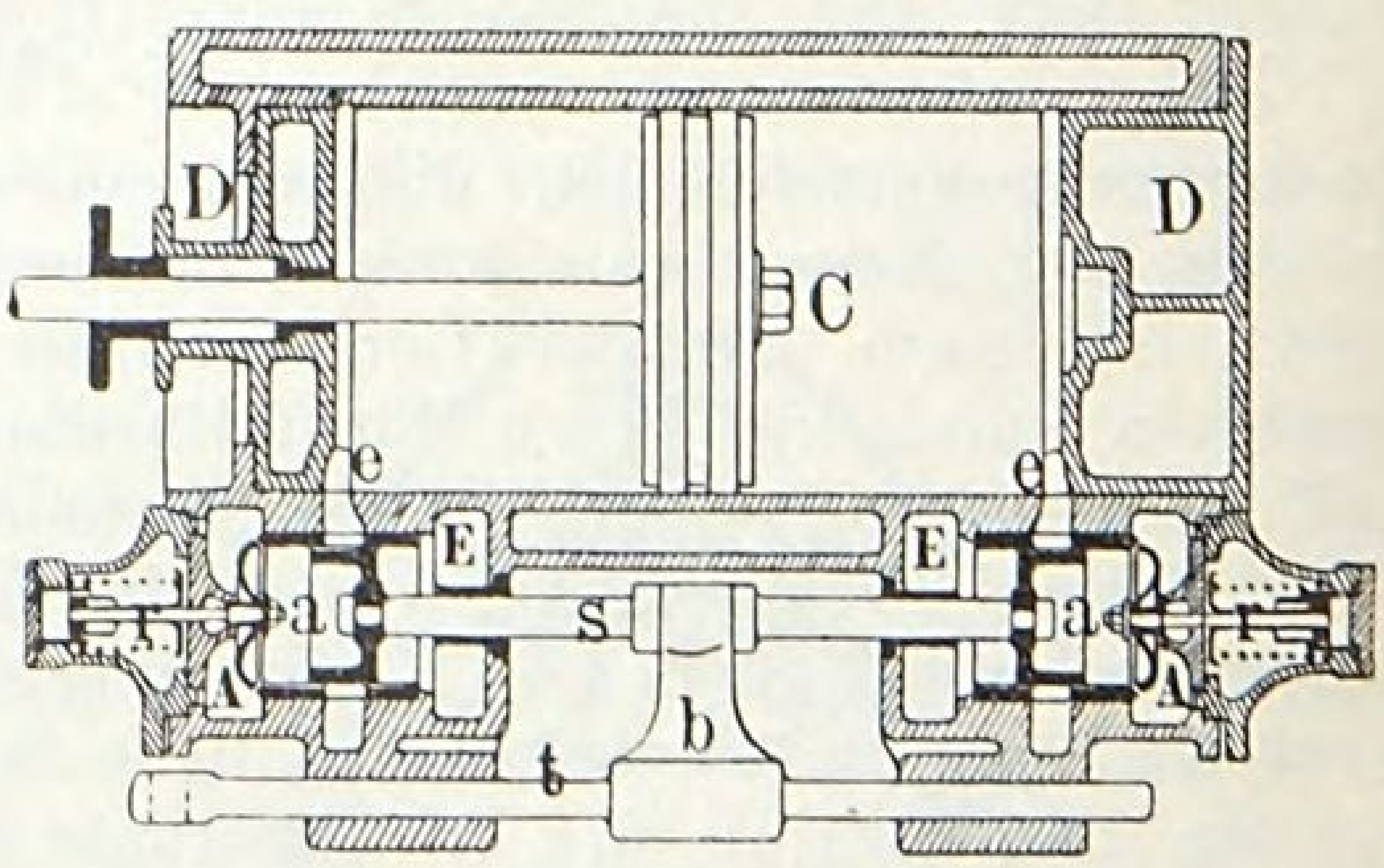


Fig. 800.

Rückschlagventil angebracht, das sich erst bei Überwindung des Gegendruckes öffnet und durch Gegendruck und Schraubenfeder r schliesst. Der Sitz dieses Ventils ist zugleich so gewählt, dass die in dem Druckraum E zwischen dem Rückschlagventil und dem Steuerkolben verbleibende Luft infolge der Bewegung des letzteren durch ersteres fortgedrückt wird, so dass die Steuerkolben an der Kompressionsarbeit teilnehmen, aber infolge dieser Anordnung sehr kleine schädliche Räume herbeiführen. — Die Kühlung des Cylinders C sowohl als der Deckel D, D erfolgt durch Kühlwasser, welches ununterbrochen die aus der Zeichnung ersichtlichen Hohlräume durchströmt.

Die Eigentümlichkeit der nassen Kompressoren besteht darin, dass mit der Luft eine bestimmte Menge Wasser angesaugt wird, das während der Kompressionsperiode die Luft kühlt und nach der Kompression mit der Luft aus dem Druckcylinder wieder fortzuschaffen ist, sich also mit dem Kolben hin- und herschiebt und selbst als Kolben wirkt (Wasserkolben). Zur Durchführung dieser Wirkungsweise wird das Wasser entweder durch ein besonderes Rohr, ein besonderes Saugventil oder das Luftsaugventil in den Cylinder eingelassen und durch das Druckventil mit der Luft fortgedrückt. Durch diesen letzten Umstand ist die Möglichkeit gegeben, sämtliche Luft aus dem Druckcylinder zu verdrängen und dadurch den schädlichen Raum zu beseitigen, worin ein Hauptvorteil gegenüber den trockenen Kompressoren liegt. Infolge der unausgesetzten Hin- und Herschiebung des Wassers entstehen aber Wasserstösse (S. 166), die um so stärker auftreten, je grösser die Wasser- beziehungsweise Kolbengeschwindigkeit ist. Um nun diese Wasserstösse ohne Verminderung der Kolbengeschwindigkeit möglichst zu vermeiden, giebt man in neuerer Zeit ganz allgemein den Kompressoren eine Einrichtung, welche die Geschwindigkeit des aufsteigenden Wassers stetig vermindert und in einem Aufsatz besteht, dessen Querschnitt sich nach oben erweitert, weil dieser Querschnittszunahme proportional die Wassergeschwindigkeit abnimmt. Da in diesem Aufsatz zugleich die notwendigen Ventile untergebracht werden, so ist er zugleich als Ventilgehäuse ausgebildet.

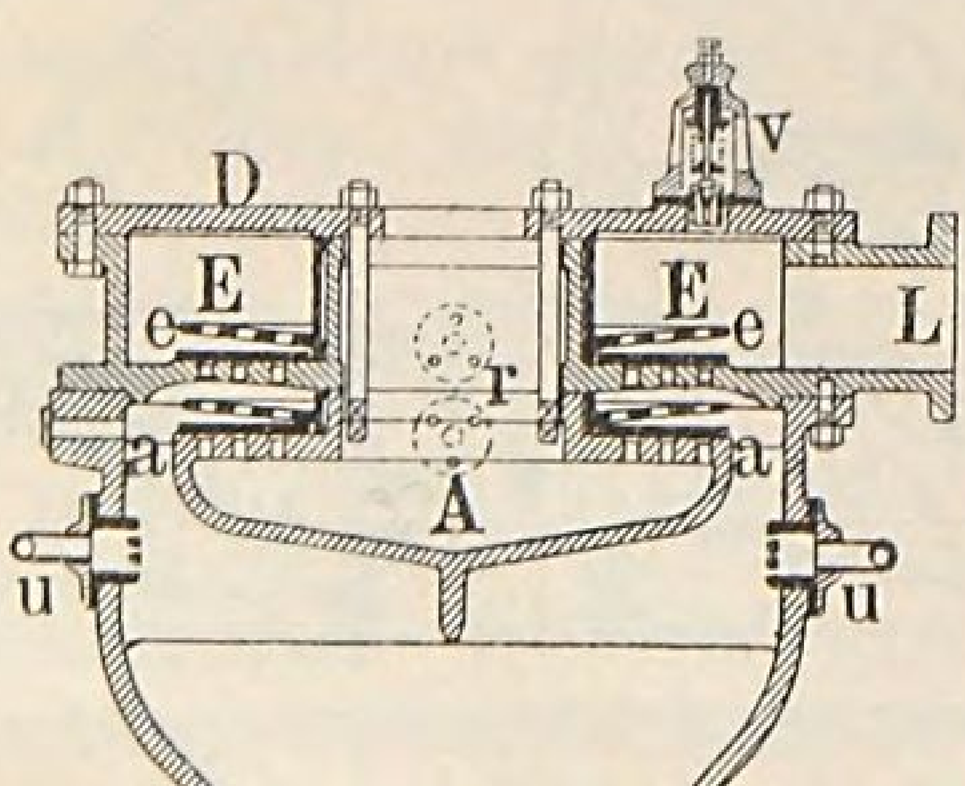


Fig. 801.

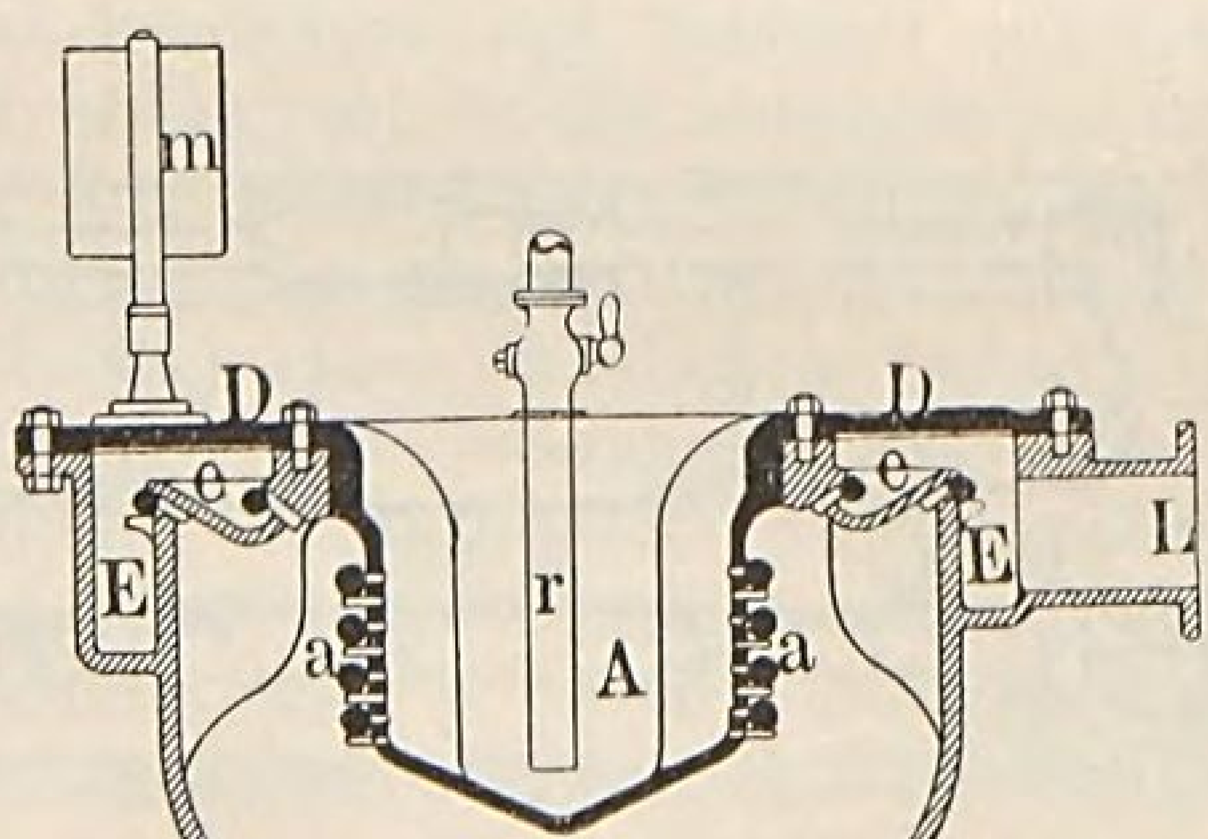


Fig. 802.

In Fig. 801 und 802 sind zwei der gebräuchlichsten Anordnungen dieser Aufsätze vor Augen geführt. — Das Gehäuse G (Fig. 801) ist mit

einem ringförmigen Hohlkörper D abgeschlossen, dessen innerer Raum A die anzusaugende Luft zuführt und dessen ringförmiger Hohlraum E, E die komprimirte Luft aufnimmt und durch den Stutzen L der Verbrauchsstelle zuführt. Sowohl die Saugventile a, a, als die Druckventile e, e bestehen aus ring- oder segmentförmigen Kautschukklappen, welche sich selbstthätig bewegen und ihre Hubbegrenzung an durchbrochenen Tellern finden. Bei der Saugwirkung öffnen sich die Klappen a, a, während e, e die Durchschnittsöffnungen verschliessen; bei der Druckwirkung dahingegen schliessen sich a, a und öffnen sich e, e. Das während der Saugperiode zuzuführende Kühlwasser wird aus einer besonderen Leitung in den Druckcylinder geleitet, und das fortzuschaffende Wasser durch das Rohr L und einen selbstthätigen Wasserableiter (S. 146) fortgeschafft.

Bei der Ausführung Fig. 802 (Humboldt) ist das Gehäuse G mit einem Deckel D abgeschlossen, an dem sich ein Topf befindet, der zahlreiche Löcher a besitzt, durch welche die Luft angesaugt wird. Zum Verschluss dieser Sauglöcher dienen runde Ringe aus Kautschuk, die vermöge ihrer Elastizität sich dichtend anlegen und infolge der Saugwirkung sich so viel weiten, dass die Luft ungehindert eintreten kann. Zugleich gestatten die unteren Lochreihen den Zulauf des Kühlwassers, das durch ein Rohr r in leicht messbarer Menge in den Topf A fliesst. Die komprimirte Luft entweicht durch die zwei Reihen von Löchern e, e, welche ebenfalls durch Kautschukringe abgeschlossen werden und in den Hohlring E münden, der mittels des Stutzens L in die Leitung übergeht. Das mitgeführte Wasser wird ebenfalls durch einen selbstthätigen Wasserableiter entfernt. Ein bei m angebrachtes Manometer dient zur Angabe der Luftpressung. Statt der erwähnten Kautschukringe bedient man sich auch zum Verschluss der Sauglöcher a, a eines um den Topf A geschobenen schlauchartigen Kautschukbandes und statt der Ringe e, e einer Platte nach Art der in Fig. 801 dargestellten.

Einen doppeltwirkenden Kompressor (Sievers-Humboldt) mit dem in Fig. 802 dargestellten Aufsatz zeigt Fig. 803. In dem Doppelcylinder

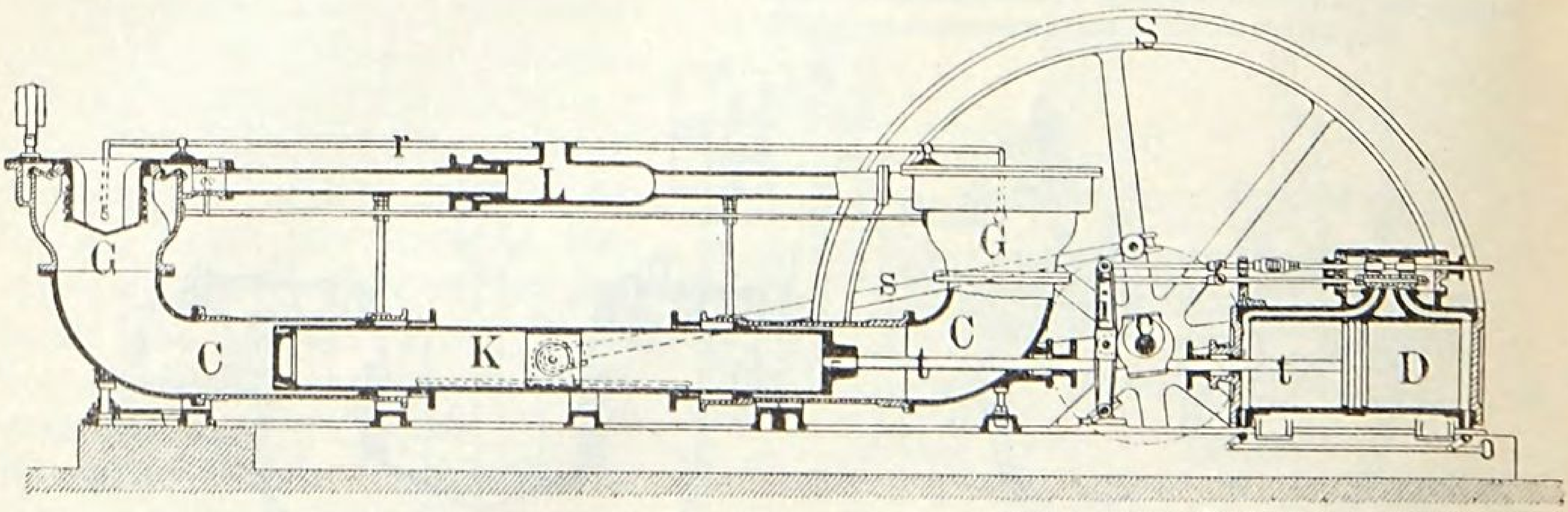


Fig. 803.

C, C bewegt sich ein gemeinschaftlicher Plungerkolben K, der mittels der Kolbenstange t, t an den Dampfkolben des Dampfcylinders D angeschlossen und von diesem bewegt wird, so dass derselbe abwechselnd an beiden Seiten Luft mit Wasser ansaugt und durch die Gehäuse G, G in die Leitung L wegdrückt. Während das Rohr r Wasser zuführt, fliesst das

fortgedrückte Wasser aus der Leitung durch ein unter derselben liegendes Rohr ab. Die Welle des Schwungrades S steht zum Zwecke der Hubbegrenzung durch zwei Kurbeln und Schubstangen s mit einem Kreuzkopf des Kolbens K in Verbindung. Die Umsteuerung der Dampfmaschine mit Meyer'scher Expansionssteuerung (S. 526) erfolgt durch Schwingen i, welche von Exzentern e bethätigt werden. — Dieser Kompressor gelangt bei Benutzung der Wasserkraftmaschine auch in der Weise zur Ausführung, dass unter Wegfall der Stange t, t die von einer Wasserkraftmaschine angetriebene Welle mit Schwungrad S, die Bewegung auf den Kolben ausschliesslich durch die Schubstangen s überträgt.

c. Luftpumpen.

Die Luftpumpen (Vakuumpumpen) bilden insofern nur eine Abart der Cylindergebläse, als ihre Aufgabe darin besteht, durch Benutzung der Saugwirkung aus einem Raum Luft wegzusaugen, und als es demnach ausreicht, diesen Raum durch eine Leitung während der Saugperiode mit einem Cylindergebläse in Verbindung zu bringen und während der Druckperiode davon abzuschliessen. Aus diesem Grunde ist auch jedes Cylindergebläse ohne weiteres als Luftpumpe verwendbar und die Konstruktion der letzteren von derjenigen der Cylindergebläse grundsätzlich nicht verschieden.

Man unterscheidet wohl gewöhnliche oder trockene Luftpumpen, welche nur Luft oder Gase absaugen und nasse Luftpumpen, welche gleichzeitig mit Luft oder Gas auch Wasser fortschaffen sollen. Die letzteren finden hauptsächlich Verwendung in Verbindung mit Kondensationsapparaten und haben daher bereits S. 456 u. f. in den gebräuchlichsten Ausführungen Erwähnung gefunden.

Bezüglich der trockenen Luftpumpen, welche in erster Linie für Abdampfungszwecke in der chemischen Industrie, sodann zur Erzeugung von luftverdünnten Räumen für Transportzwecke (Rohrpost) vielfach in Gebrauch stehen, sei hervorgehoben, dass sie liegend oder stehend, stets doppelt wirkend und entweder mit selbstthätig bewegten Klappen-, seltener Hub-Ventilen, in neuester Zeit aber besonders mit Schieber als Steuerorgane angeordnet werden. Die Luftverdünnung erfolgt naturgemäss stufenweise, indem jede Kolbenbewegung nur so viel Luft aussaugt, als dem Cylinderinhalt entspricht. Infolge dieses Vorganges ist daher auch die vollständige Entleerung, also die Bildung einer wirklichen Luftleere ausgeschlossen. Ausserdem kann die Pumpe erst ansaugen, wenn die nach dem Fortdrücken im schädlichen Raum des Cylinders zurückgebliebene Luft sich bis zu der in dem auszupumpenden Raum herrschenden Spannung expandirt hat. Je tiefer letztere sinkt, also je weiter die Verdünnung fortschreitet, je mehr Raum ist auch für diese Expansion notwendig, je grösser wird der Teil des Hubes, der verloren geht. Zur Erzielung eines höheren Vakuums sucht man daher nicht nur den schädlichen Raum möglichst klein zu machen, sondern vor allem die S. 888 erwähnte Druckausgleichung hervorzubringen, indem man nach Beendigung des Druckhubes die im schädlichen Raum verbleibende Luft auf die andere Kolbenseite führt, um sie auf die Saugspannung zu vermindern. In einfachster Weise lässt sich dieser Ausgleich durch die bereits S. 888 beschriebene Schieber-

anordnung erreichen, durch welche die beiden Cylinderkanäle auf einen Augenblick in Verbindung treten. Da die Luftpumpen mit diesem Schieber erfahrungsgemäss ein hohes Vakuum erreichen lassen und ausserdem sich durch Einfachheit auszeichnen, so haben sie in neuester Zeit die vielseitigste Anwendung erfahren.

Von der Thatsache ausgehend, dass bei den Schiebern (S. 888 Fig. 798) mit vollständig eingeschlossenem Ausgleichskanal das notwendige Reinhalten sehr erschwert wird, hat man eine wesentliche Verbesserung in dem Freilegen dieses Kanals in der durch Fig. 804 und 805 in zwei Schnitten

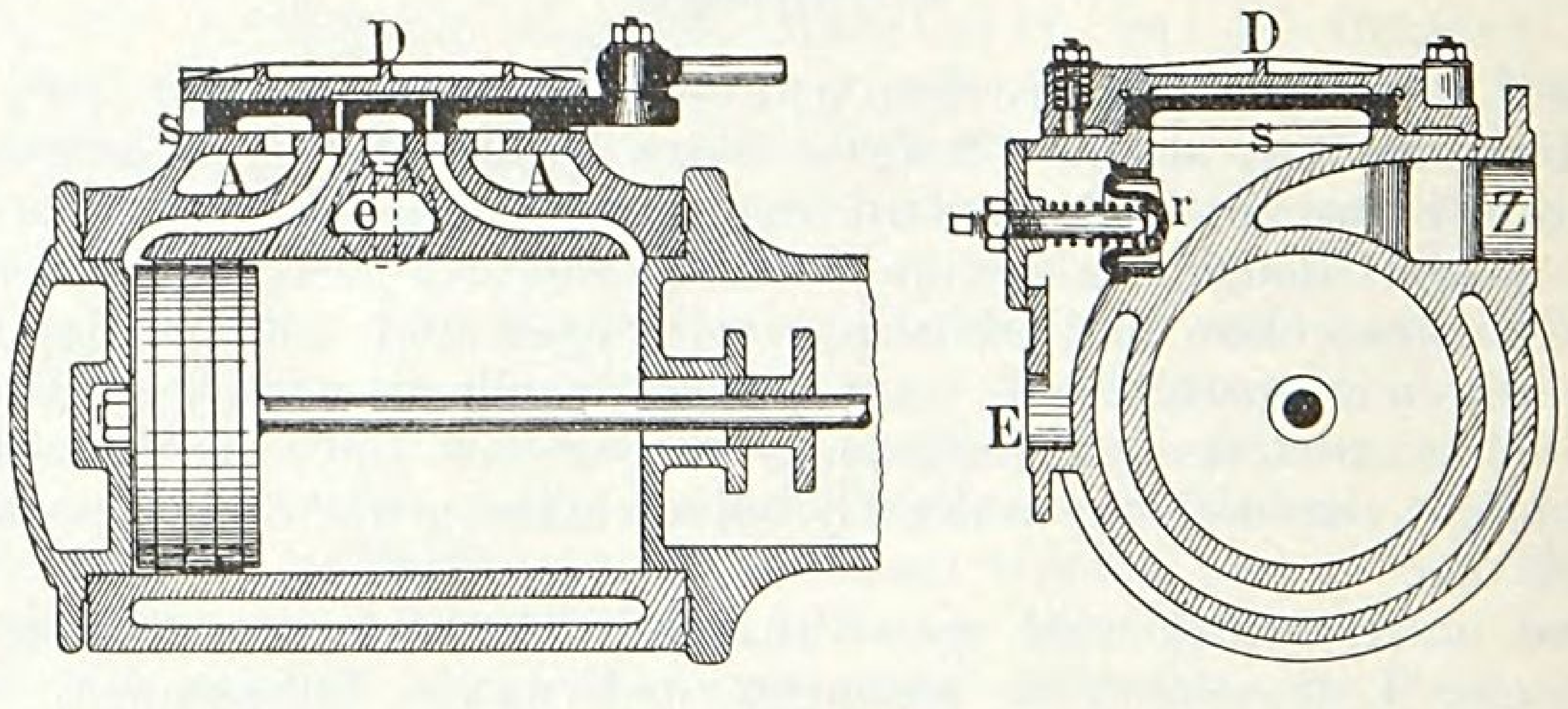


Fig. 804 und 805.

gezeichneten Konstruktion (Köster) gewonnen. Der Verteilungsschieber s ist mit zwei Schlitzen versehen, die nach Abhebung des Schieberdeckels D oder nach Herausziehen des Schiebers aus dem Schieberkasten vollkommen zugänglich und leicht zu reinigen sind. Die Pumpe selbst, deren allgemeine Anordnung aus der Figur genügend ersichtlich ist, saugt aus dem Raum A, welcher durch den Stutzen L mit dem auszusaugenden Raum in Verbindung steht die Luft aus und drückt sie durch den mittleren Kanal e und den Stutzen E ins Freie oder in die Leitung. Der Schieber erhält demgemäss eine solche Bewegung, dass während des Kolbenhubes die Kanäle vollständig geöffnet bleiben und dass am Hubschluss, also in der Schiebermittelstellung, die Ausgleichschlitze in Vereinigung mit einer Aussparung an dem Schieberdeckel in Wirksamkeit treten. Damit aber zu Beginn des Hubes nicht Luft von aussen in den Cylinder gelangen kann, bevor die angesaugte Luft auf Atmosphärenspannung komprimirt wurde, ist bei r ein Rückschlagventil angebracht, welches sich selbstthätig öffnet, sobald der Druck im Cylinder die Grösse einer Atmosphäre überschreitet. Gegenüber der durch Fig. 798 S. 888 vergegenwärtigten Schiebersteuerung ist noch der Umstand bemerkenswert, dass der mittels Federschrauben angedrückte Schieberdeckel D die von dem Schieber mitzunehmende Deckplatte ersetzt, sowie beim Ansaugen durch den äusseren Atmosphärendruck geschlossen wird und dass infolge der Gestaltung des Schiebers s die Luft nicht durch Schieberschlitze in den Schieberkasten, sondern direkt durch den Kanal E nach aussen gelangt, weshalb der Schieberkasten überhaupt ganz wegfällt.

3. Gebläse mit Drehkolben.

Die Gebläse mit Drehkolben gelangen auf dieselbe Weise zur Wirkung wie die Pumpen mit Drehkolben (S. 857), indem ein Drehkolben bei seiner Bewegung einen durch ein Gehäuse gebildeten abgeschlossenen Raum abwechselnd vergrössert und verkleinert und infolgedessen die an einer Stelle eintretende Luft vor sich her in die Druckleitung drängt. Da der möglichst dicht die Gehäusewandung berührende Kolben durch das Gehäuse eingekapselt erscheint, so hat man dieser Gebläsegattung auch den Namen Kapselgebläse gegeben. Dieselben finden vielfach Verwendung in Fällen, wo grössere Luftmengen mit verhältnismässig geringer Pressung gefördert werden sollen, also für zahlreiche Feuerungsanlagen (Schmiedefeuer, Kupolöfen u. s. w.). Je nachdem die Kapselgebläse nur mit einem oder mit mehreren Kolben versehen sind, erhalten sie die Anordnung mit einer oder mit mehreren Drehachsen, wie die Kapselpumpen Fig. 767 bis 774 S. 858. Am häufigsten in Gebrauch steht jedoch das in Fig. 806 vor Augen geführte Gebläse (Root) mit zwei Kolben B und C, die sich entgegengesetzt drehen und die bei A eintretende Luft aus E herausschieben. Die Form der Kolben ist den Zahnradzähnen nachgebildet und so gewählt, dass die Kolben stets unter sich und mit der Wand in Berührung bleiben, also abgedichtet werden. Um diese Berührungsflächen leicht herstellen und erneuern zu können, pflegt man die Kolben inwendig aus einem eisernen Gerüst, auswendig aber aus Holz oder Scheiben aus Pappe herzustellen, zumal dadurch das Geräusch wesentlich vermindert wird. Der Antrieb erfolgt durch einen Riemen mit Übertragung durch die zwei gleichen Zahnräder z, z und zwar je nach der Grösse mit verschiedenen Umdrehzahlen wie folgende Übersicht erkennen lässt:

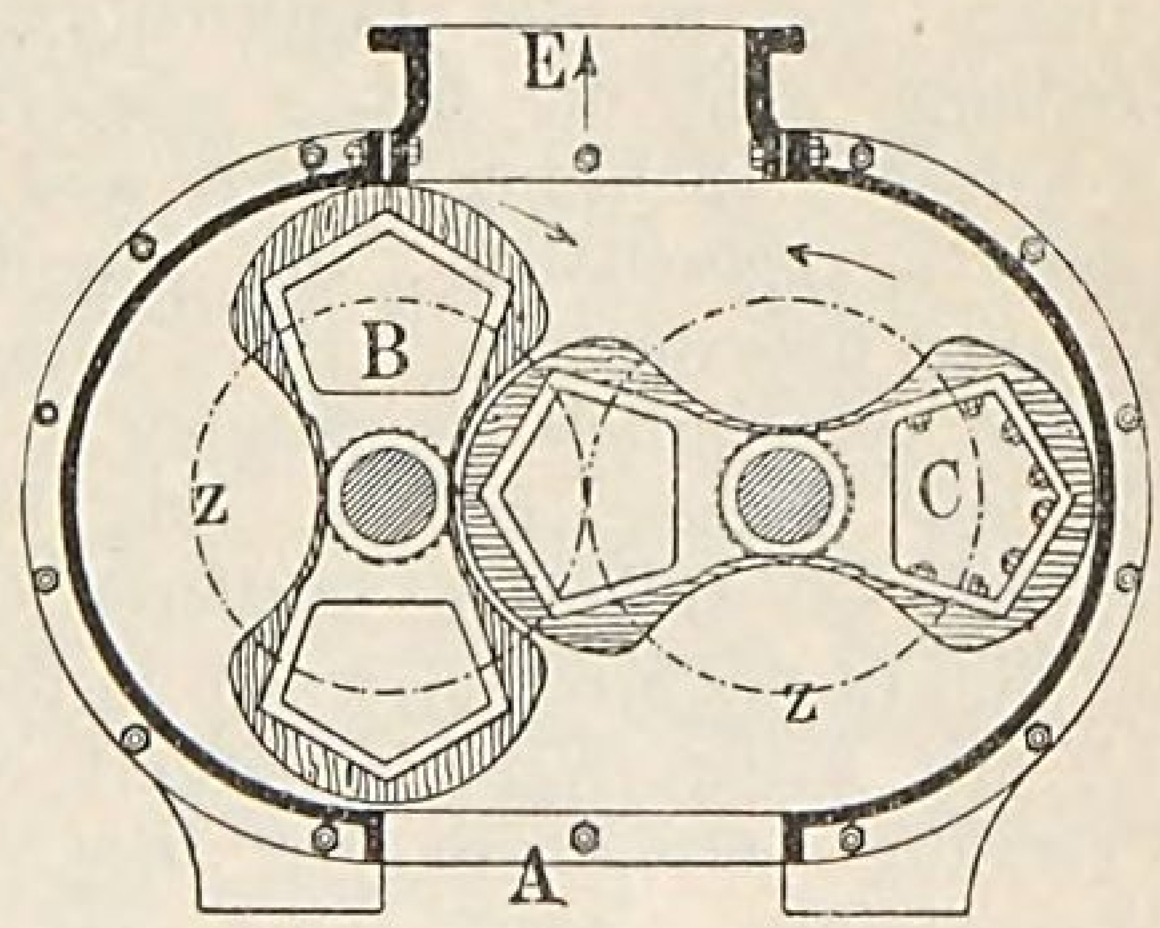


Fig. 806.

Kolben:	Durchmesser	400	400	500	500	600	600	750	750 *mm*
	Breite	800	1000	1000	1250	1200	1500	1500	2000 *mm*
Umdrehzahl		400	400	380	380	350	350	320	300

Unter den zahlreichen anderen Ausführungen der Kapselgebläse sei das in Fig. 807 dargestellte (Enke) noch wegen seiner Eigenart und guten Wirkung hervorgehoben. Das Gehäuse G besteht aus einer grösseren und einer kleineren Kammer. In der grösseren Kammer kreisen vier auf einer besonderen Scheibe befestigte Kolben a, a, a, a um den festen Hohlcylinder C. In der kleinen Kammer dreht sich diesem Kolben entgegen eine mit drei Hohlräumen b versehene Trommel, deren Segmente c, c, c sich einerseits dichtend an die Kammerwand, andererseits an den cylindrischen Ausschnitt e des Cylinders C an-

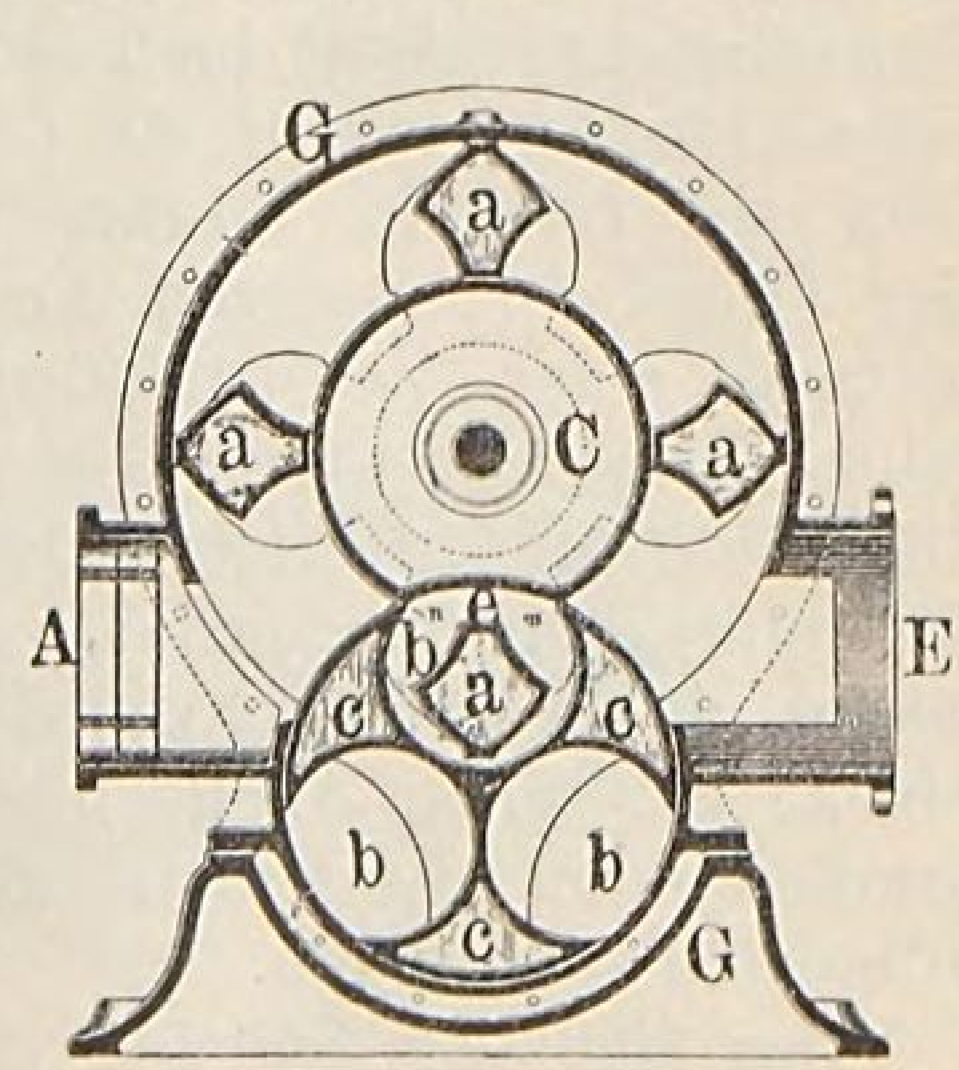


Fig. 807.

legen. Kolben und untere Trommel erhalten nun Drehung im Verhältnisse 4:3, so dass die bei A durch ein Sieb eintretende Luft mittels der Hohlräume b und der Kolben a bei E zum Austritt gelangen.

Zu dieser Gattung von Luftfördermaschinen gehört auch das in Fig. 808 vor Augen geführte sogenannte Schraubengebläse (Krigar). Dasselbe besteht aus zwei horizontal gelagerten Walzen a und b, die wie bei einem Kapselgebläse in das Gehäuse e e eingeschlossen sind und von einer Riemenscheibe i nebst Stirnradübertragung entgegengesetzte Drehung erhalten. Die Oberfläche von a besitzt zwei nach Schraubenlinien verlaufende Rippen c, c, die Oberfläche von b dahingegen zwei entsprechende Nuten d, d, in welche c, c genau eingreifen. Infolge der in der Pfeilrichtung erteilten Drehung wird die bei g eintretende Luft in achsialer Richtung bewegt und dem Ausgange h zugeschoben, um von dort in die Leitung überzugehen. Die Schraubengänge laufen gewöhnlich ½ seltener 1 bis 2 mal um die Walzen herum. Die Umdrehzahl beträgt bei Gebläsen mittlerer Grösse 160 bis 200 in der Minute, wobei in der Sekunde 0,5 bis 2 *cbm* Wind gefördert wird. Die Pressung beträgt in der Regel 500 *mm* Wassersäule, kann aber auf 1000 bis 1500 *mm* gesteigert werden.

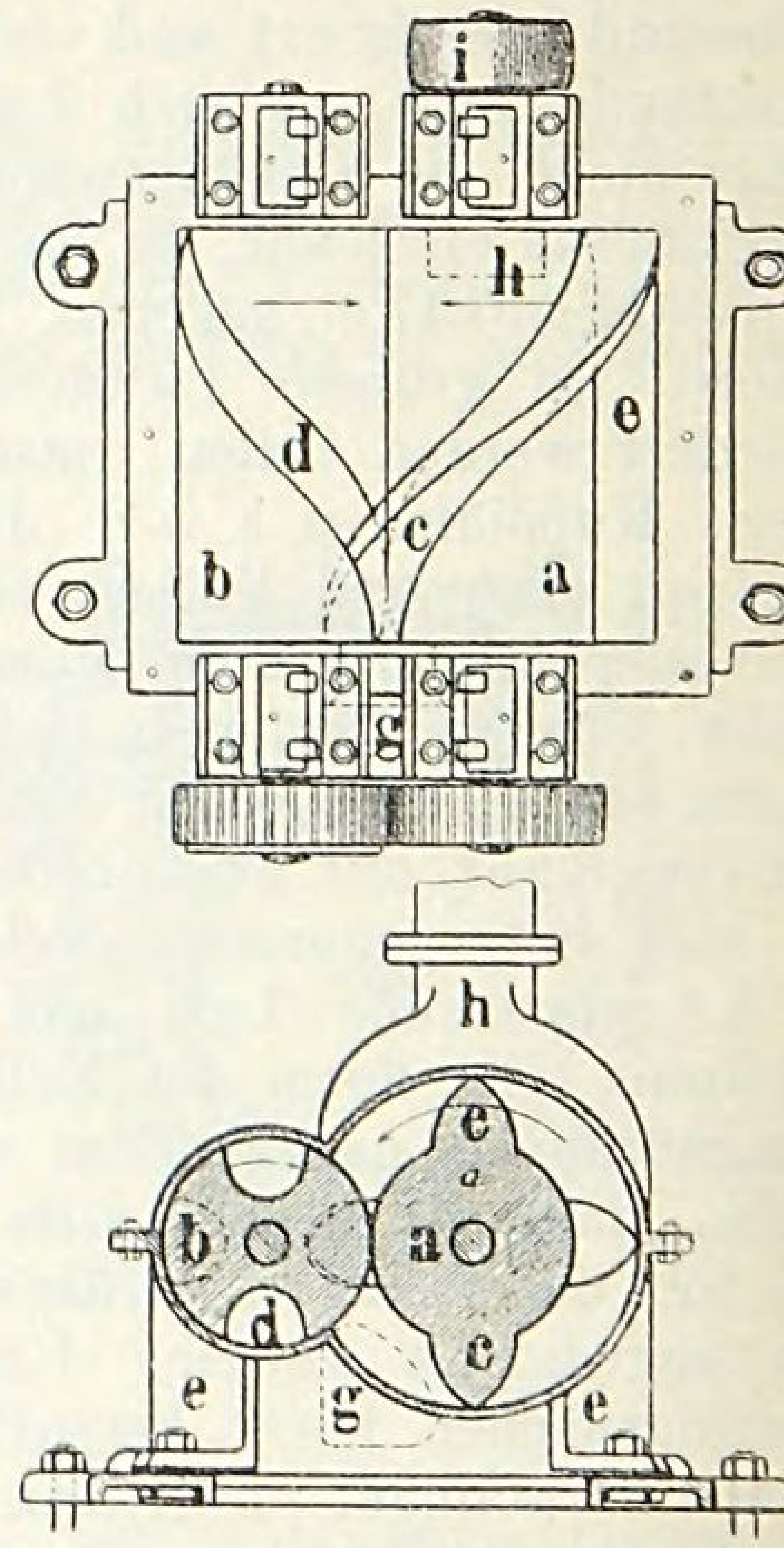


Fig. 808.

B. Schleudergebläse.

Die Schleudergebläse kommen dadurch zur Wirkung, dass die zu fördernde Luft von Schaufeln erfasst wird, die sich, von einer drehenden Welle bewegt, innerhalb eines Gehäuses im Kreise drehen und durch ihre Form und Stellung die erfasste Luft in einer bestimmten Richtung fortbewegen. Wegen ihrer Hauptverwendung zur Lüftung von Räumen (Ventilation) nennt man sie in der Regel Ventilatoren und ausserdem Exhaustoren, wenn sie die Luft aus Räumen wegsaugen und Bläser, wenn sie Luft in Räume hineinblasen. Da die Stellung der Schaufeln oder Flügel mit wenigen Ausnahmen eine solche ist, dass die erfasste Luft vermöge einer Zentrifugalwirkung eine erhöhte Geschwindigkeit erhält (daher Zentrifugalgebläse) und gezwungen wird, tangential zu dem Flügelrade infolge einer Schleuderbewegung auszutreten, so kann der Eintritt nur günstig achsial, also durch Öffnungen im Gehäuse stattfinden, welche die Achse konzentrisch umgeben. Daher besteht ein Schleudergebläse aus einer Welle mit Flügeln und einem Gehäuse mit zentrisch einmündenden Luftzutrittsöffnungen und mit tangential ausmündenden Luftaustrittsöffnungen.

Das Gehäuse, welches gewöhnlich aus Gusseisen, mitunter aus Eisenblech, Mauerwerk oder Holz hergestellt wird, verläuft entweder cylindrisch

die Flügel umschliessend, oder es ist mit einem sich allmählich erweiternden, ringförmigen Raum ausgestattet, der den Namen Verteiler oder Diffusor und die Bestimmung hat, eine Abnahme der Geschwindigkeit und dadurch eine Zunahme der Spannung der Luft zu bewirken. — Bei einzelnen Exhaustoren, welche die angesaugte Luft direkt der Atmosphäre übergeben, wird das Gehäuse mitunter ganz weggelassen.

Die stets in radialem Sinne verlaufenden Schaufeln sind, wie Fig. 809 erkennen lässt, ebenflächig oder verschiedenartig gekrümmt, und zu der

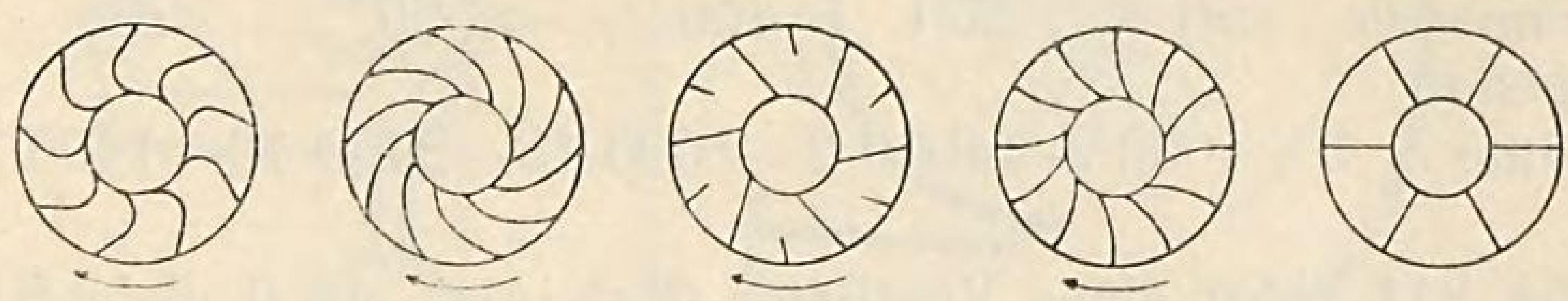


Fig. 809.

Drehrichtung gestellt, sowie entweder durch fest mit ihnen verbundene Blechwände rohrartig abgeschlossen oder seitlich offen (geschlossene und offene Ventilatoren), ausserdem in der Regel nach dem äusseren Umfang hin verjüngt. Im letzteren Fall schmiegt sich das Gehäuse der äusseren Umgrenzung der Schaufeln möglichst eng an. — Der Lufteintritt erfolgt entweder einseitig oder zweiseitig (S. 859). — Bei einer besonderen Ausführung sitzen die Schaufeln auf der Oberfläche eines Doppelkegels, so dass die Luft an einer Kegelspitze eintritt, an der Kegelbasis infolge der vergrösserten Zentrifugalwirkung die höchste Geschwindigkeit erreicht und um den Kegel herum, an der entgegengesetzten Kegelspitze unter Abnahme dieser Geschwindigkeit achsial ausströmt.

Bei allen Schleudergebläsen besteht zwischen der Spannung der Luft vor und hinter demselben ein Unterschied, welcher bei den saugenden Depression, bei den blasenden Pressung genannt wird. Zum Messen dieses Unterschiedes bedient man sich der Wassermanometer (S. 153) und nach der Grösse desselben spricht man auch von Niederdruck- und Hochdruckventilatoren, ohne damit jedoch eine bestimmte Grenze zu bezeichnen.

Der in Fig. 810 dargestellte Ventilator (Lloyd) besitzt eine Flügelwelle w mit 4 Flügeln F, welche von Trapezform, nach rückwärts gekrümmt und durch Blechmäntel B abgeschlossen und mit Dichtungsringen i,

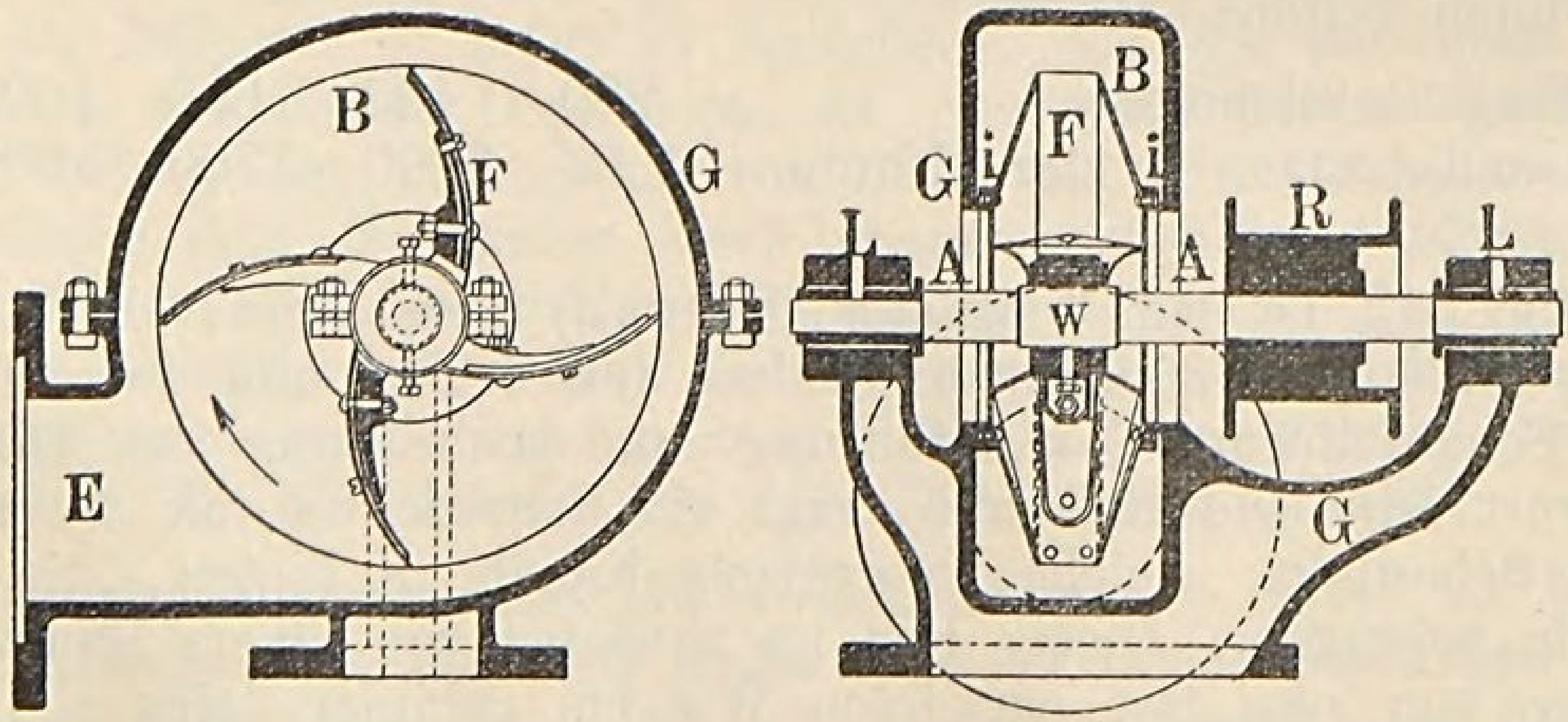


Fig. 810.

versehen sind, die einen dichten Abschluss gegen das Gehäuse G bilden. Die Luft tritt zweiseitig bei A, A ein und aus dem Stutzen E in die Leitung. Das Hohlgussgehäuse G ist zweiteilig, mit angegossenen Lagern L, L versehen, in welchen die Welle w, w mit langen Zapfen läuft, angetrieben von der Riemenrolle R. Dieser Ventilator findet viel Verwendung zum Ventiliren von Fabriken, Kellern, Mühlen etc, zum Absaugen von Staub, zur Bedienung von Schmiedefeuern etc. und wird in sehr verschiedenen Grössen für ebenso verschiedene Umdrehungen gebaut:

Flügeldurchmesser	250	300	400	500	750	1000 *mm*
Umdrehungen in der Minute	3—4000	3—4000	2—3000	15—2400	12—1400	8—1100

Die Fig. 811 führt einen Ventilator (Schiele) mit 6 gleichfalls trapezförmigen, rückwärts gekrümmten Schaufeln F vor Augen, die seitwärts

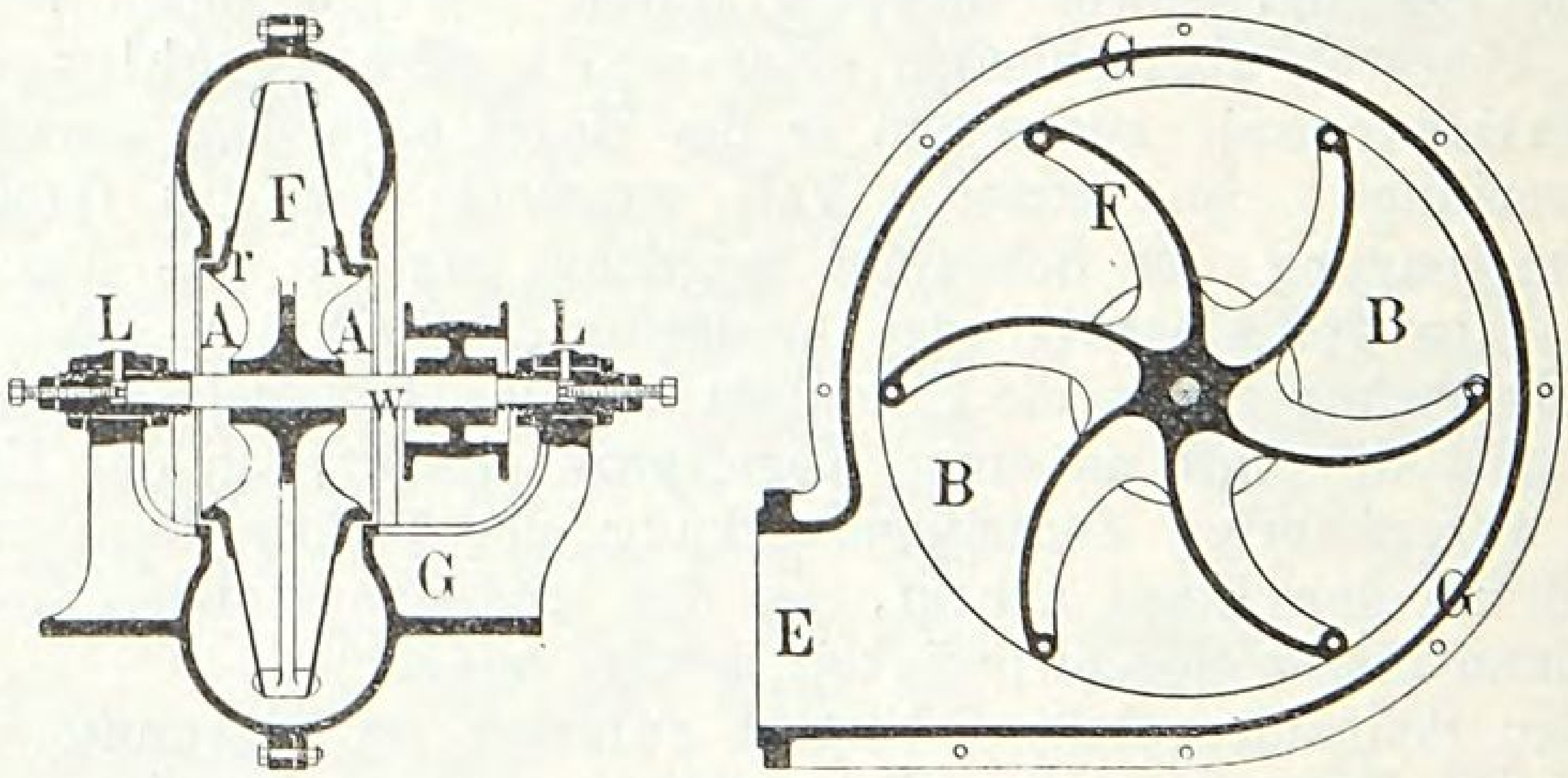


Fig. 811.

durch Blechwände B abgeschlossen und mit abgedrehten Cylinderflächen r gegen das Gehäuse G abgedichtet sind. Letzteres ist zweiteilig, mit zwei Eintrittsöffnungen A, A, der Austrittsöffnung E und mit Lagern L, L verversehen, die durch ihre Schraubeneinstellung behufs genauer Zentrirung der Flügelwelle w bemerkenswert sind. Diese Ventilatoren liefern Windpressungen von 300 bis 450 *mm* Wassersäulen, so dass sie besonders für Schmiedeherde und Kupolöfen dienen. Als Abmessungen und Geschwindigkeiten können gelten:

Flügeldurchmesser	270	400	650	1000
Umdrehungen in der Minute	4000	3000	1700	1000

In Fig. 812 ist ein Ventilator (Rateau) gezeichnet, der sich durch besonders günstige Wirkungsverhältnisse auszeichnet und sowohl hinsichtlich der Schaufelform, Luftzuführung und Anordnung des Diffusors bemerkenswert ist. Die Radwelle trägt ein Schaufelrad mit 20 nach vorn geneigten Schaufeln, welche ebensoviele Kanäle a bilden, die sich nach aussen hin verengen. Dieses Rad ist zunächst von einem Raum e, e umgeben, der, von zwei fast parallelen Wänden gebildet, sich allmählich erweitert, und den Diffussor bildet. An diesen Diffusor schliesst sich der

kreisringförmige Auslaufraum E, E an. Zum Lufteintritte dient eine trichterförmige Erweiterung A des Gehäuses G, in welche die als spitzer Kegel

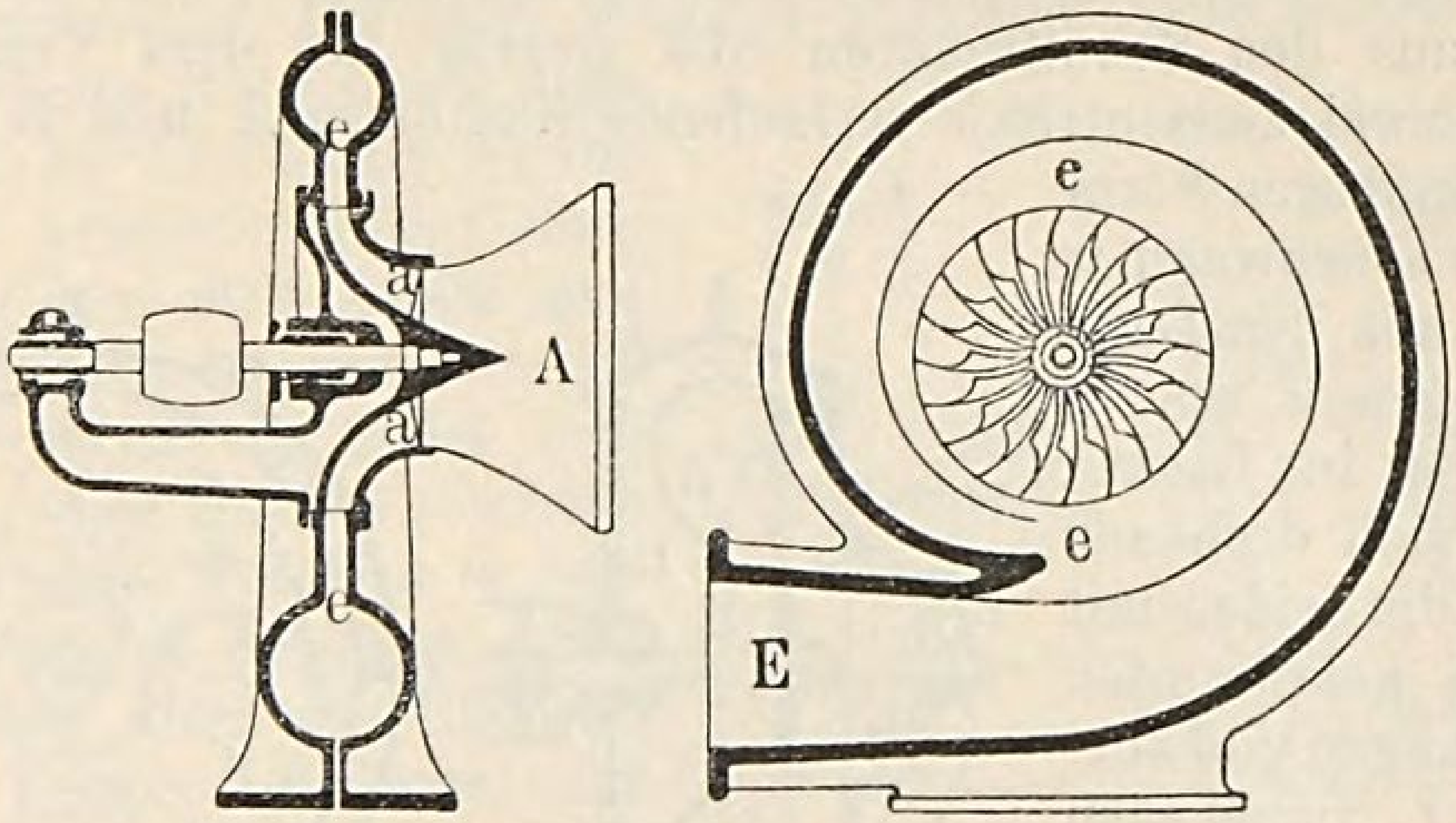


Fig. 812.

auslaufende Nabe des Flügelrades hineinragt, so dass die eintretende Luft allmählich ihre Richtung ändert und ohne Stoss in das Bereich der Radkanäle gelangt.

Das Eigentümliche des in Fig. 813 skizzirten Ventilators (Pelzer) besteht nicht nur in der Form der Ventilatorflügel F, F, welche sich schräg an die Rosette anschliessen, sondern hauptsächlich in der Anbringung von sogenannten Schöpfschaufeln s, welche der Saugseite A zugekehrt, schraubenförmig gekrümmt, an den Wurfschaufeln F befestigt sind und den Zweck haben, die eintretende Luft aufzufangen, allmählich in Drehung zu versetzen und dadurch ohne Stoss dem Ventilator zuzuführen, aus dem dieselbe sodann von einem Diffusor E geleitet austritt. Dieser Diffusor besitzt eine kegel- oder trichterförmige Wand d aus Blech, die sich mittels Schrauben c, c

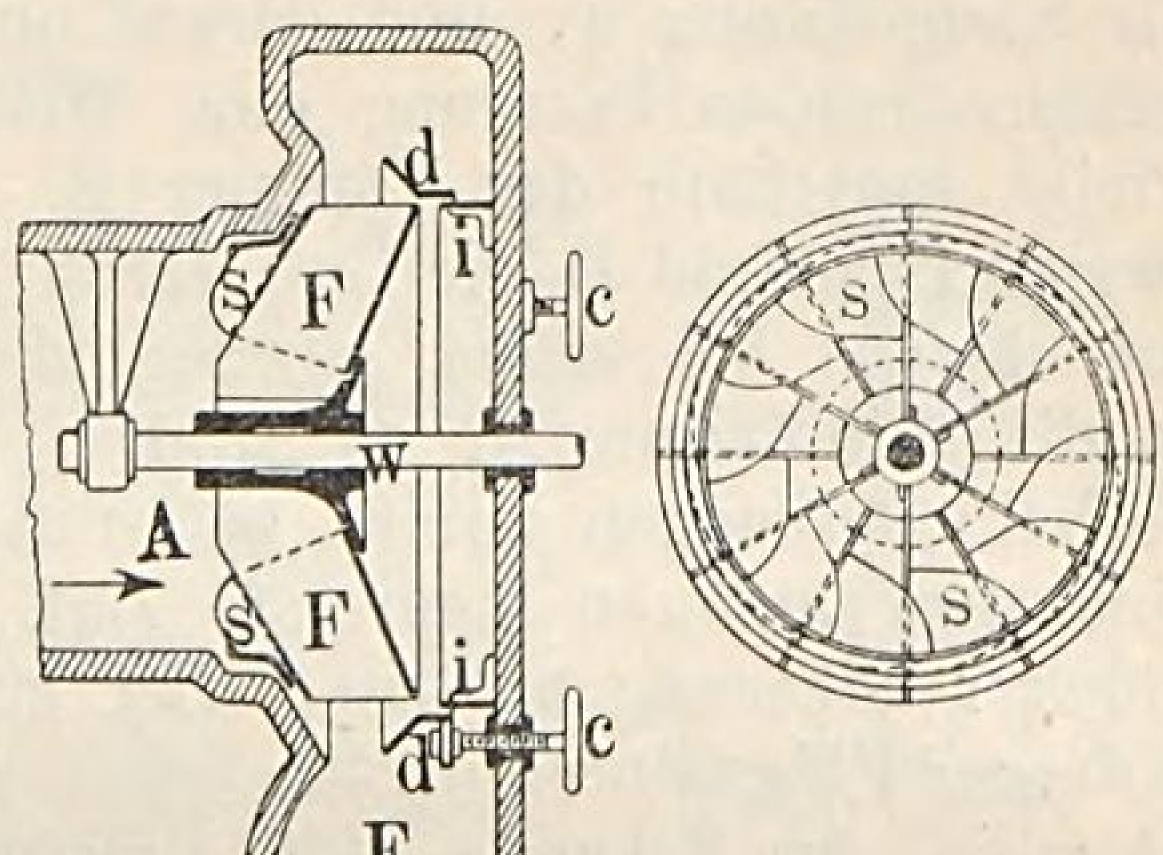


Fig. 813.

auf dem cylindrischen Blechring i, i verschieben lässt (verstellbarer Diffusor) und dadurch die Möglichkeit gewährt, bei Inbetriebsetzung des Ventilators die Weite des Diffusors so lange zu verändern, bis die an einem Wassermanometer zu erkennende Depression die günstigste Grösse erreicht hat. Ein solcher Diffusor ist namentlich von Bedeutung für Grubenventilatoren, weil jede Grube dem Ventilator einen charakteristischen Widerstand entgegenstellt, der mit der Ventilationsfähigkeit der Grube zusammenhängt. — Vorstehendes Schleudergebläse hat vielfach Aufstellung zur Ventilation von Gruben unter- und oberirdisch gefunden und zu dem Zwecke bedeutende Abmessungen z. B. Flügelränder bis 4 *m* Durchmesser erhalten.

Wie bei den Kompressoren die Druckzunahme (S. 887), so lässt sich bei den Schleudergebläsen ebenfalls stufenweise der Druckunterschied steigern; wenn man zwei oder mehrere derart miteinander vereinigt, dass das nächstfolgende Flügelrad direkt die Luft des vorhergehenden empfängt. Dadurch

sind die sog. Verbundventilatoren entstanden, namentlich zu dem Zwecke, die Windpressungen für Feuerungsanlagen (Kupol-, Schweiss- u. dgl. Öfen, Schmiedefeuer etc.) für Sandgebläse, Tunnellüftung u. s. w. zu erhöhen.

Ein solcher sog. Verbund-Hochdruck-Ventilator (W e n n e r) mit zwei Stufen geht aus den Schnittfiguren 814 hervor. In dem Ventilgehäuse G befinden sich zwei konzentrisch verlaufende Kammern A und B von der aus der Figur erkennbaren Form durch die Zwischenwand w getrennt und mit den Lufteintrittsöffnungen a und b versehen. Die in Lagern des Gehäuses sich drehende Welle r trägt die beiden mit nach vorwärts gekrümmten abwechselnd langen und kurzen Flügeln f versehenen Flügelräder C und D, welche ebenfalls durch die Wand w geschieden sind, so dass C in der Kammer B und D in der Kammer A zur Wirkung gelangt. Infolge der Drehung dieses Doppelflügels erfolgt zunächst ein Ansaugen der Luft durch die Saugöffnung a, und darauf unter einer der Geschwindigkeitsvermehrung entsprechenden Pressung eine Weiterführung derselben in der Richtung der Pfeile innerhalb der Kammer B. Aus dieser Kammer saugt sodann das zweite Flügelrad D die Luft durch die Saugöffnung b in die zweite Kammer A, um sie wie bei einem gewöhnlichen Ventilator vermittelst eines Diffusors in die Windleitung E zu treiben. Die Wirkung dieses Ventilators kommt deshalb derjenigen zweier getrennten Ventilatoren gleich, von welchen der eine dem anderen gepresste Luft liefert, die aus dem zweiten mit noch höherer Pressung austritt. Bei einem Versuche mit diesem Ventilator von 600 *mm* Flügeldurchmesser ergab sich bei einer Umfangsgeschwindigkeit von 31 *m* in der Sekunde eine Pressung in der Zwischenkammer von 55 *mm* und im Auslaufrohr von 130 *mm*. Die Pressung im Auslaufrohre stieg bei doppelter Geschwindigkeit (62 *m*) sogar auf 500 *mm* Wassersäule — Werden in passender Weise 3 Flügel vereinigt z. B. durch konzentrische Anordnung, so ist demgemäss noch eine weitere Pressungserhöhung möglich.

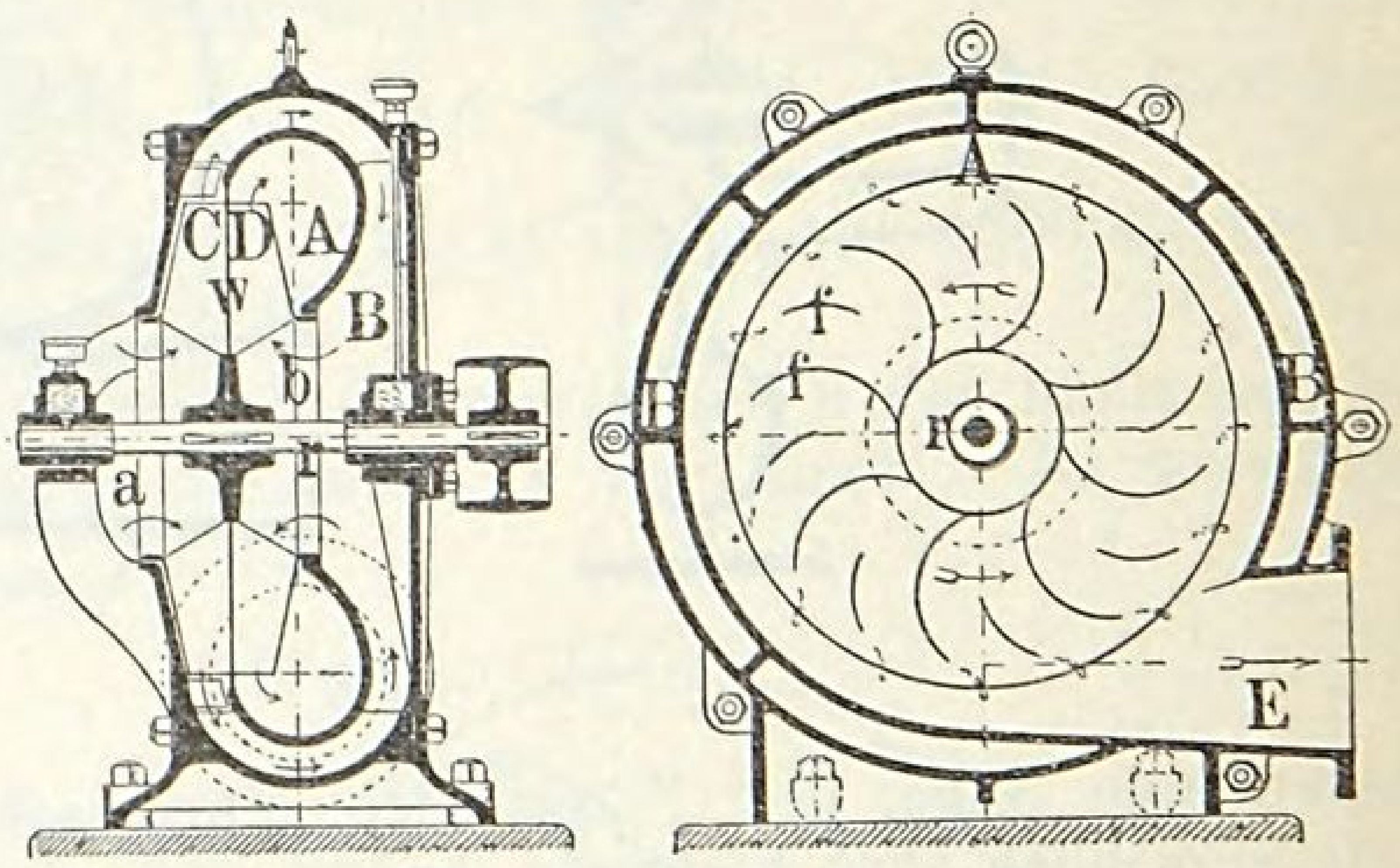


Fig. 814.

Sitzen die Flügel zur Fortbewegung der Luft nach Art der Achsialturbinen auf der Ventilatorwelle schräg nach Schraubenflächen gestellt, so wird Luft innerhalb des die Flügel umgebenen Cylinders infolge Drehung der Achse parallel mit dieser wie die Mutter einer Schraube fortbewegt. Diese Bewegungsart ist zwar nicht zur Hervorbringung erheblicher Pressungen, aber zum Fortschaffen bedeutender Luftmengen sehr wohl geeignet und daher die Grundlage einer viel verwendeten Gattung von Luftfördermaschinen geworden, welche als S c h r a u b e n v e n t i l a t o r e n hauptsächlich zur Lüftung von Räumen, zum Absaugen feuchter Luft aus Trockenkammern u. dergl. häufig im Gebrauch stehen, da sie sich namentlich durch grosse Einfachheit in der Konstruktion auszeichnen. Die Form der Flügel ist gewöhnlich

ebenflächig, mitunter eine vollständige Schraube mit 3 bis 6 Gängen (Fig. 735 S. 831), mitunter nach Art der Schiffsschrauben aus Teilen eines Schraubenumganges gebildet.

Die allgemeine Anordnung eines Schraubenventilators (Schiele) ist in Fig. 815 dargestellt. Auf einer Welle w sitzt eine nach beiden Seiten kegelförmig verlaufende Nabe n zur Aufnahme von 6 bis 12 Flügeln F, die an schrägen Armen befestigt sind, eine Neigung von 45° haben und sowohl saugend als drückend wirken können. Die Welle w findet ihre Lagerung in einer Büchse, welche von drei mit dem Gehäuse G verbundenen Armen S getragen wird. Zur Umdrehung dient die Riemenscheibe R. Dieser Ventilator, der gewöhnlich mit dem Gehäuse in einer Wandöffnung Aufstellung findet, wird in Grössen von 200 bis 2500 *mm* Flügeldurchmesser ausgeführt, mit 135 bis 2500 Umdrehungen in der Minute bewegt und ist im Stande, in derselben Zeit bei 2 bis 6 *mm* Wassersäulendruck 10 bis 2850 *cbm* Luft zu fördern. Grosse Schraubenventilatoren erhalten zur Lagerung der Welle auf beiden Seiten ein Armkreuz (Fig. 414 S. 468).

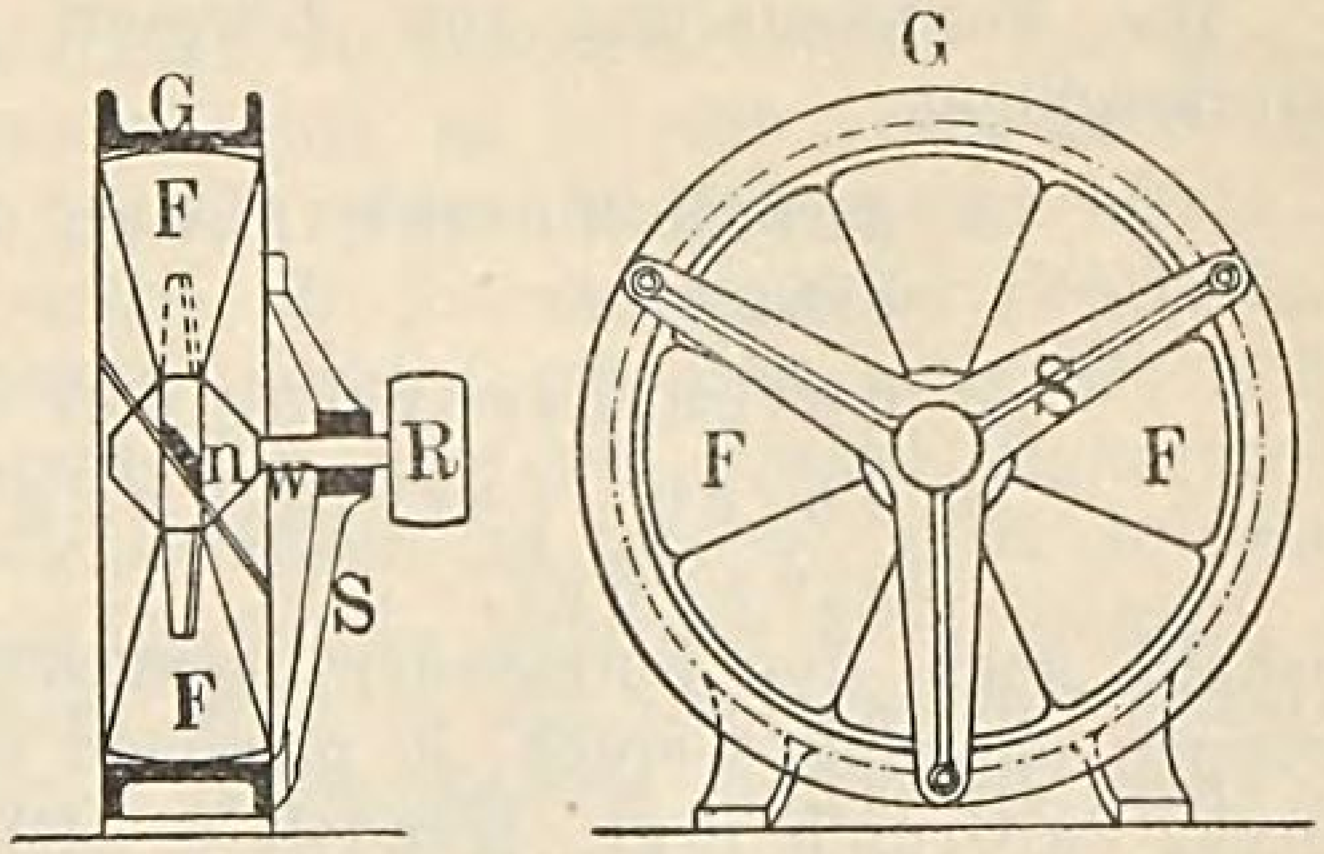


Fig. 815.

C. Strahlgebläse.

Wie zur Förderung von Flüssigkeiten in den Dampfstrahlern (S. 350) oder Injektoren, so wird ebenfalls zur Förderung von Luft sehr häufig ein Dampfstrahl, mitunter ein Wasserstrahl verwendet, der aus einem konischen Mundstück mit grosser Geschwindigkeit austritt, dadurch um das mit einem Gehäuse umgebene Mundstück eine Luftverdünnung und ein Ansaugen hervorbringt und dann die angesaugte Luft mit fortreisst, so dass die Strahlventilatoren sowohl saugend als blasend wirken können und gebraucht werden. Im Anschluss an die S. 328 erwähnte Verwendung und Einrichtung genügt hier die Erwähnung der durch Fig. 816 vergegenwärtigten typischen Ausführung (Körting), die zur Lüftung von Räumen, Einblasen von Luft in Feuerungen und Flüssigkeiten, (zum Mischen), zum Sandblasen u. dergl. geringfügige Änderungen erfährt. In dem mit einem Stutzen versehenen übrigens abgeschlossenen Raum A befindet sich ein System von 4 Düsen, durch das gespannter Wasserdampf strömt, der durch den Stutzen a eingelassen und durch einen von dem Handrad h zu stellenden schlanken Kegel geregelt wird. Die vier Luftstrahlen vereinigen sich mit dem Dampfstrahl in den Düsen und treten durch das Mundstück e in das Kegelrohr (Fangdüse) E, um von hier dem Bestimmungsorte zuzuströmen.

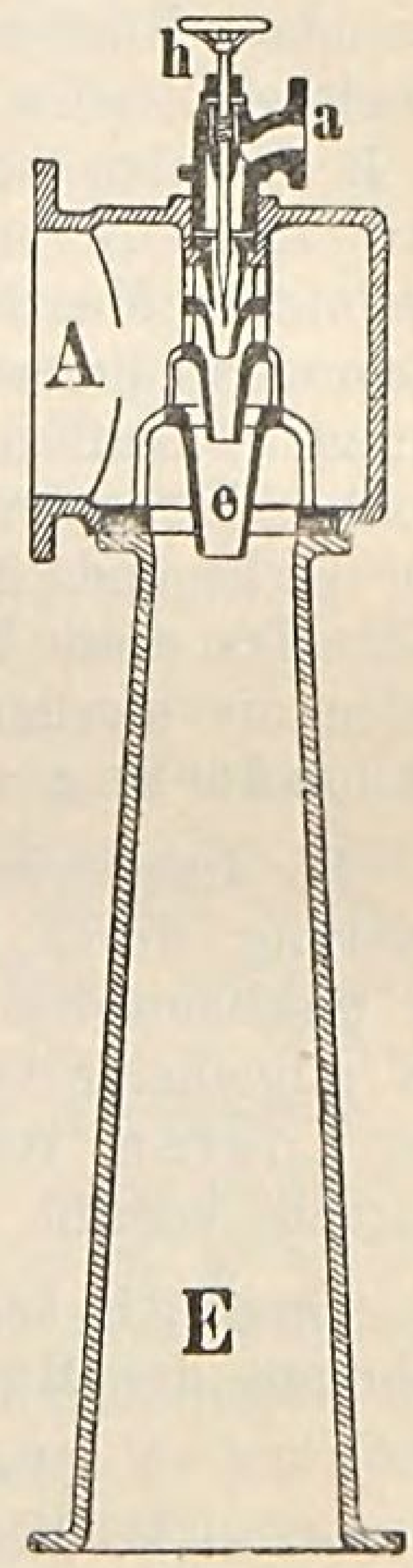


Fig. 816.

Zweiter Abschnitt.

Formänderungsmaschinen.

Die Formänderung von Körpern lässt sich nur auf dreierlei Weise bewerkstelligen:

1. durch Verschiebung der einzelnen Teilchen gegen einander,
2. durch Trennung der einzelnen Teile von einander,
3. durch Vereinigung der einzelnen Teile mit einander,

weshalb auch die Formänderungsmaschinen am zweckmässigsten in drei Gruppen eingeteilt werden, je nachdem eine dieser drei Wirkungsarten ihrem Zwecke zu Grunde liegt. Handelt es sich ferner um Formänderungen behufs Herstellung besonders gestalteter Gebrauchsgegenstände z. B. durch Schmieden, Giessen, Drehen, Hobeln, Vernieten, Spinnen, Flechten, Weben u. s. w., so gehören die Formänderungsmaschinen in das Gebiet der mechanischen Technologie, da nur diejenigen derselben Gegenstand der allgemeinen Maschinenkunde sind, welche allgemeinen Zwecken dienen.

Dieser Aufgabe gemäss stehen hier in erster Linie diejenigen Maschinen, welche eine Trennung von Teilen bewirken und zwar zunächst zu dem Zwecke, durch Aufhebung des zusammenhängenden Körpers in kleinere Teile zu zerlegen. Je nachdem in diesem Fall die Absicht besteht, die Zerlegung ohne besondere Rücksicht auf die gewonnene Form (z. B. Pulverisiren) vorzunehmen, oder nachdem auf die letztere ebenfalls Gewicht gelegt wird (z. B. Spalten von Holz), kann man Maschinen zur Zerkleinerung und zur Zerteilung unterscheiden. Naturgemäss reihen sich an die genannten Maschinen zur Trennung von Körpern durch Aufhebung des Zusammenhängens diejenigen unmittelbar an, welche eine Trennung zusammengehäufter Körper oder Körperteile nach gewissen Eigenschaften (Gewicht, Aggregatzustand) oder nach Grösse und Gestalt bewirken, zumal die hier vorliegende Aufgabe sehr oft mit derjenigen der Zerkleinerung zusammenfällt. Da diese Trennung in der Regel eine Sonderung zum Ziele hat, so bilden die hierher gehörenden Maschinen die Gruppe der Maschinen zur Absonderung.

So ausgedehnt das Arbeitsfeld derjenigen Maschinen, welche zur Formänderung durch Verschiebung und Vereinigung dienen, auf dem Gebiete der mechanischen Technologie ist, so beschränkt ist dasselbe da, wo es sich um allgemeine Gebrauchszwecke handelt, indem hier nur das Mischen und Kneten von Körperteilen zum Zwecke gleichmässiger Verteilung in Betracht kommt.

Demnach kann man die Maschinen zur Formveränderung innerhalb des Rahmens der Maschinenkunde in folgende drei Gruppen bringen:

1. Maschinen zur Zerkleinerung und Zerteilung,
2. Maschinen zur Absonderung,
3. Maschinen zum Mischen und Kneten.

Erstes Kapitel.

Maschinen zur Zerkleinerung und Zerteilung.

Den Zerkleinerungsmaschinen fällt die Aufgabe zu, Stoffe aller Art in kleinere Teile zu zerlegen, um sie dadurch für bestimmte Verwendungs- und Gebrauchszwecke geeignet oder geeigneter zu machen. Stoffe von gleicher innerer Beschaffenheit werden zerkleinert, um sie in eine Form zu bringen, welche die Verwendung derselben bedingt oder wünschenswert erscheinen lässt z. B Schmirgel, Bimstein u. dergl. für die mechanische Bearbeitung; Getreide, Zement, Gyps, Farbhölzer u. dergl., um den chemischen Einwirkungen grössere Oberflächen darzubieten, oder um gewisse Eigenschaften stärker hervortreten und zur Wirkung gelangen zu lassen, z. B. bei Farbstoffen, bei Chlorkalk, bei Gewürzen u. dergl., oder sie aufs innigste mit anderen Stoffen vermischen zu können, z. B. in der Schiesspulverfabrikation, Mörtel. Stoffe von ungleicher innerer Beschaffenheit unterwirft man einer Zerkleinerung, um sie zu zerlegen und dadurch ihre einzelnen, gleichartigen Teile abtrennen zu können z. B. Mineralien, Erze, Ölfrüchte.

Die grossen Verschiedenartigkeiten der zu zerkleinernden Stoffe einerseits, die notwendigen Abstufungen der Zerkleinerungsprodukte andererseits bedingen nicht nur sehr verschiedene Methoden, sondern auch eine grosse Mannigfaltigkeit der zur Zerkleinerung dienenden Mittel. Bezüglich der verschiedenartigkeiten kommt hauptsächlich die Zähigkeit in den zahlreichen Abstufungen zwischen Sprödigkeit und Knetbarkeit, mit den besonderen Eigenschaften der Mürbigkeit, Splittrigkeit u. dergl. in Betracht, da die Zerkleinerung eines spröden Körpers in der Regel auf anderem Wege zu erfolgen hat, als die Zerkleinerung eines weichen Körpers u. s. w. —

Der Grad der Zerkleinerung ist nicht nur abhängig von dem Gebrauchszwecke, wie u. A. die Abstufungen des zerkleinerten Schmirgels von einem groben Korn bis zu unfühlbar feinem Pulver beweisen, sondern auch oft dadurch bedingt, dass eine Menge von Körpern schrittweise zu zerkleinern sind, indem man stufenweise durch Wiederholung des Zerkleinerungsprozesses zu dem Endergebnisse gelangt, z. B. in der Hochmüllerei durch Überführung der Griese in Mehl u. dergl. In mehreren Fällen pflegt man die Grössenabstufungen (Korn) in zwei Gruppen zu teilen, diese Gruppen als Schrot und Mehl zu bezeichnen und innerhalb dieser Gruppen die aufeinanderfolgenden Einheiten (Korngrössen) mit Nummern anzugeben.

Zur Zerkleinerung eines Körpers ist erforderlich die sog. Kohäsionkräfte zu überwinden, welche die Teile zusammenhalten. Weil dazu eine über die Elastizitätsgrenze hinausgehende Spannung hervorgebracht werden muss, so zerfällt die zur Zerteilung aufzuwendende Arbeit in zwei Teile, in diejenige, welche die Spannung bis zur Elastizitätsgrenze fördert, und in diejenige, welche die Spannung über die Elastizitätsgrenze hinaus soweit vermehrt, dass eine Trennung stattfindet. Wirkt daher eine Kraft auf einen Körper nur innerhalb der Festigkeitsgrenze, so kann sie eine Teilung nicht herbeiführen und dadurch als verloren gelten, woraus folgt, dass unter allen Umständen die zerkleinernde Kraft der Beschaffenheit des Zerkleinerungsmaterials anzupassen und so gross zu bemessen ist, dass sie die Spannung bis zur Bruchgrenze zu bringen vermag. Dabei kann die Zerteilung stufenweise vorgenommen werden, indem man erst den Zerteilungskörper in einzelne Teil-

stücke, darauf dann diese Teilstücke zerlegt und so weiter fortfährt, bis der gewünschte Einheitsgrad erreicht ist; oder man kann von der Oberfläche der Teilungskörper Teile fortnehmen, welche sofort die gewünschte Beschaffenheit haben beziehungsweise derselben sehr nahe kommen. Das erste Verfahren beruht der Hauptsache nach auf einem Zertrümmern durch Zerdrücken, Zerreissen, Zerbiegen, Abscheren und Zerschneiden, das zweite auf Zerreiben. Diesen Vorgängen gemäss, von denen übrigens häufig gleichzeitig mehrere vereinigt zur Wirkung gelangen, z. B. Zerdrücken mit Zerbrechen, Abscheren mit Zerreiben etc., sind die Zerkleinerungsmaschinen charakterisirt, indem sie hauptsächlich durch Druck-, Zug-, Biegungs-, Abscherungs-, Zerschneidungs- und Zerreibungsorgane die Zerteilung bewerkstelligen.

Die Zerkleinerung kann nur in ausgiebiger Weise vor sich gehen, wenn der zu zerkleinernde Körper infolge einer festen Stützung dem angreifenden Werkzeuge nicht ausweicht. Aus diesem Grunde ist die Lagerung desselben in einer aus leicht beweglichen Teilen gebildeten Umgebung, also z. B. zwischen den bereits gebildeten kleineren Teilstücken ein mehr oder weniger grosses Hindernis für den Angriff der Werkzeuge, da die letzteren sich zum Teil auf die Arbeit zu beschränken haben, welche zum Verschieben der Teilstücke aufzuwenden ist und umsomehr verlorene Arbeit bildet, je grösser die Menge und Feinheit der Teilstücke wird. Zur Vermeidung oder doch mindestens zur Herabsetzung dieses Arbeitsverlustes ist es daher geboten, Einrichtungen zu treffen, welche eine möglichst schnelle Abscheidung der Teilstücke bewirken und zwar am vorteilhaftesten in ununterbrochener Weise, zumal im letzten Fall die Arbeitsleistung der Maschine im Allgemeinen sich am günstigsten auch aus dem Grunde gestalten muss, weil Betriebsunterbrechungen wegfallen. Um aber die durch diese Einrichtung gewonnene Arbeitsstetigkeit gehörig ausnutzen zu können, ist ebenfalls für eine stetige Zuführung des Materials Sorge zu tragen, demnach bei der Anordnung von Verkleinerungsmaschinen stets eine möglichst ununterbrochene Wirkung und damit in Verbindung Zu- und Abführungsvorrichtungen ins Auge zu fassen, deren Anlage sich naturgemäss sowohl nach der Zerkleinerungsmaschine als nach dem Arbeitsmaterial zu richten hat. — In der Regel benutzt man das Eigengewicht des Arbeitsmaterials selbst zur Zu- und Abführung, indem man das letztere in Behälter (Rumpf) oder Rinnen bringt, aus denen es direkt in die Maschinen gelangt, oft mit einer Unterstützung, hervorgebracht durch Rütteln oder Schütteln (S. 752 u. f.). Um dabei die Zu- und Abfuhr zu regeln, bringt man noch verschiedene Regulirvorrichtungen, z. B. drehende Walzen mit gerillten Oberflächen, Schnecken (S. 754), Schöpflöffel u. dergl. an.

I. *Stampfwerke.*

Das Zerdrücken eines Körpers tritt dann ein, wenn der letztere sich zwischen zwei widerstandsfähigen Flächen befindet, die mit genügender Kraft gegen einander bewegt werden. Erfolgt die Kraftmitteilung plötzlich durch Stoss und infolge der Schwerkraftwirkung durch freien Fall, so heissen die Zerkleinerungsmaschinen Stampfwerke. Dieselben bestehen dem Wesen nach aus mehreren stabartigen nebeneinander angeordneten Teilen (Stampfern oder Stempeln), welche sich in vertikalen Führungen bewegen und aus einer gehobenen Stellung frei auf das untergebrachte Material fallen. Die

widerstandsfähige Fläche der Stampfer wird durch ein besonderes Stück (*Schuh*) gebildet, das gewöhnlich aus Hartguss, mitunter aus Bronze oder einem anderen harten Stoff hergestellt ist, während das Material sich in Behältern (*Stampfgruben*) aus ebenfalls entsprechend hartem Material befindet. — Die Hebung der Stampfer erfolgt in der Regel durch *Daumen* (S. 62), mitunter durch *Kurbeln* oder mittels einer damit gekuppelten *Dampfmaschine*. Da die Hebung mittels Kurbel oder Dampfmaschine (*Dampfstampfwerke*) stets eine begrenzte ist und den freien Fall hindert, so ist zwischen diesen Hebezeugen und den Stampfern ein elastisches Zwischenmittel notwendig, das den freien Fall ermöglicht und in Federn oder Luftkissen besteht wie bei den bekannten Feder- oder Lufthämmern. Weil durch diese Zwischenmittel die Anlage unnötig komplizirt wird, so bilden die Stampfwerke mit Daumenantrieb die Regel und zwar in der durch Fig. 817 erkennbaren gebräuchlichsten *Ausführung*. Die fünf Stampfer s bilden runde Eisenstäbe mit Schuhen u aus Hartguss und werden zwischen den Querstücken F, F geführt, welche die Ständer S, S zu dem Gerüste (*Stuhl*) verbinden. Die Stampfgrube ist mit Hartgussohlen versehen, deren Höhe treppenartig abnimmt, so dass das Stampfgut selbstthätig von einer Sohle auf die andere gelangt. Zum Antrieb dient die durch die Riemenscheibe R in Umdrehung gesetzte Welle w mit 5 gleichmässig im Kreise verteilten Daumen, welche der Reihe nach gegen Scheiben i wirken, die auf den Stempeln sitzen. Durch diese Scheiben wird erreicht, dass die Stempel sich beim Heben zugleich drehen und dass infolgedessen die Daumen nicht gleitend, sondern wälzend zum *Angriffe* kommen und demgemäss bedeutend weniger Reibungsarbeit verzehren. Gleichzeitig tritt eine gleichmässigere Abnutzung der Schuhe ein.

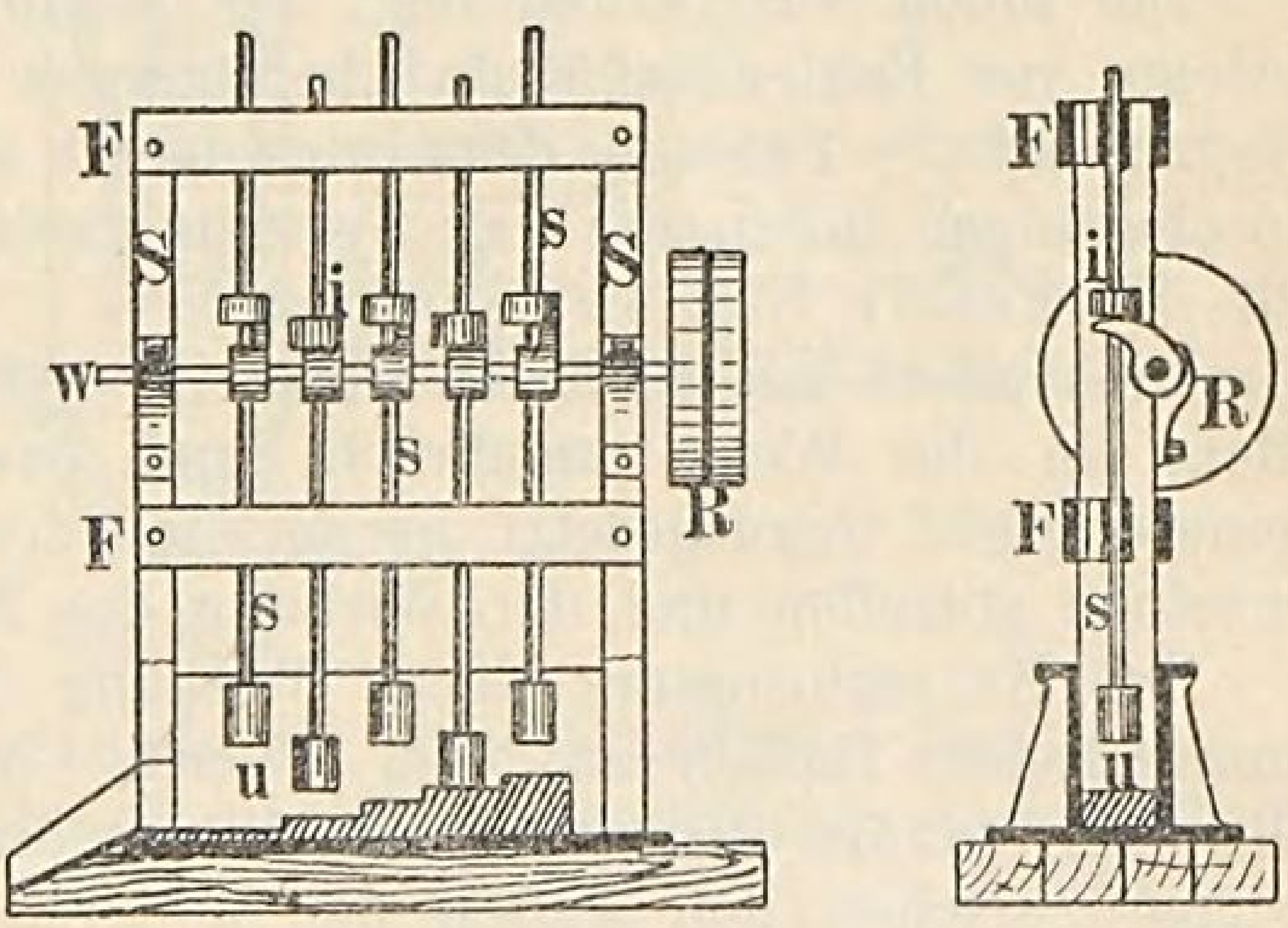


Fig 817.

Die Stampfwerke dienen hauptsächlich zum Pochen der Erze (*Pochwerke*), zum Zerkleinern von Stein, Schlacke, Koks, Holzkohle, Graphit, Knochen, Gewürz u. s. w. und erhalten für besondere Zwecke passende Grössen (1 bis 15 Stempel) und besondere Einrichtungen, z. B. Anschluss an eine Wasserleitung, um feine Teile (*Pochschlamm*) abzuschlämmen (*Nasspochen*), sodann gitterartig durchbrochene Sohlen, oder seitwärts sitzende Siebe zum *Austragen* des Stampfgutes. Das Gewicht der Stempel wechselt durchschnittlich zwischen 75 bis 150 *kg*, die Hubhöhe zwischen 0,16 bis 0,5, die Geschwindigkeit zwischen 40 bis 60 Hüben in der Minute.

II. Schleudermühlen.

Ersetzt man eine der drückenden Flächen dadurch, dass man das Zerkleinerungsmaterial in Bewegung bringt und gegen die andere Fläche wirft, so tritt ebenfalls ein Zertrümmern ein, wenn das Material sich dazu eignet

und eine Geschwindigkeit v annimmt, welche diejenige lebendige Kraft $\frac{m v^2}{2}$ hervorbringt, welche zur Zertrümmerung ausreicht, indem sie beim Anschlagen an die feste Fläche infolge des Stosses innerhalb des Materials Spannungen hervorruft, welche zum Bruch führen.

Die einfachste auf diesem Vorgang des Zerschellens beruhende Maschine besteht aus einer horizontalen Welle mit vier darauf unter einem rechten Winkel befestigten Flügeln und einem diese Vorrichtung umgebenden cylindrischen Mantel. Durch Drehung der Welle werfen die Flügel das Material gegen diesen Mantel, an welchem es zerschellt.

Eine wesentlich ausgiebigere Wirkung wird naturgemäss durch eine Wiederholung dieses Vorganges (des Schleuderns) in derselben Maschine gewonnen, was der Hauptsache nach in zweierlei Weise erreicht worden ist.

Der einen Ausführung liegt der Gedanke zu Grunde, mehrere z. B. drei Systeme von Schleuderflügeln übereinander an einer vertikalen Welle anzubringen und die Führung des Gutes derart einzurichten, dass es nacheinander von oben nach unten die drei Systeme passirt und darauf zerkleinert herausfällt (Stehende Schleudermühle).

Die andere am weitesten verbreitete Anordnung besitzt sog. Schlagstifte, welche in der Weise angebracht und bewegt werden, dass sie das Zerkleinerungsgut unausgesetzt herumschleudern, damit es unzählige Male von denselben getroffen und der Wirkung des Zerschellens unterworfen wird.

Zur Hervorbringung dieser Wirkung befinden sich die Schlagstifte in konzentrischen Reihen auf den ebenen Flächen zweier einander gegenüber stehenden runden Scheiben derart angebracht, dass die Stifte der einen Scheibe zwischen den Stiften der anderen Scheibe kreisen können. Indem nun zwischen den beiden Scheiben (Körben) eine relative Drehbewegung hervorgebracht wird, erfassen die Stifte das in der Scheibenmitte eingeführte der Zentrifugalkraft unterworfene Arbeitsmaterial und schleudern dasselbe um so gewaltsamer durch die Stifte, je grösser der Geschwindigkeitsunterschied der letzteren ist. In der Regel teilt man die Drehung beiden Scheiben mit; mitunter begnügt man sich damit, nur einen Korb anzutreiben und den zweiten in der Form eines Ringes fest mit dem Gestelle zu verbinden. Des eigentümlichen Arbeitsverfahrens wegen nennt man diese Maschinen Schleudermühlen, auch Desintegrator oder Dismembrator und Stiftenmühle.

Eine häufig zur Verwendung gelangte Schleudermühle ist in Fig. 818 dargestellt. Dieselbe besteht der Hauptsache nach aus den zwei Körben A und B mit je vier bis sechs Reihen von Stiften, welche auf den zugehörenden Wellen a und b sitzen und mit diesen von Riemenscheiben aus entgegengesetzt in Drehung versetzt werden. Das Material gelangt aus einem Rumpf R zentrisch in das Bereich der Körbe und allmählich, nachdem es die verlangte Feinheit erhalten hat, in den Raum S, welchem es auf verschiedene Weise, namentlich mittels einer Schnecke s oder einer schrägen Rinne entnommen wird. Um die Körbe behufs der Reinigung, Einstellung u. dergl. leicht zugänglich zu machen, ist es zweckmässig, die Lagerböcke L, L auf der Fundamentplatte F verschiebbar einzurichten, damit man die Körbe auseinanderziehen kann. Die Verschiebung erfolgt passend mittels einer durch ein Handrad h bewegten Schraube, die zugleich das Mittel zur genauen Einstellung der Körbe abgiebt. Die Feinheit des Mahlgutes hängt nicht nur von der Natur

des letzteren, sondern auch von der Drehgeschwindigkeit ab, indem sie mit letzterer wächst. Durchschnittlich kann man die Umdrehzahl nach folgender Tabelle annehmen:

Durchmesser des äusseren Korbes	659	800	1000	1200 *mm*
Höchste Umdrehzahl in der Minute	800	700	600	500

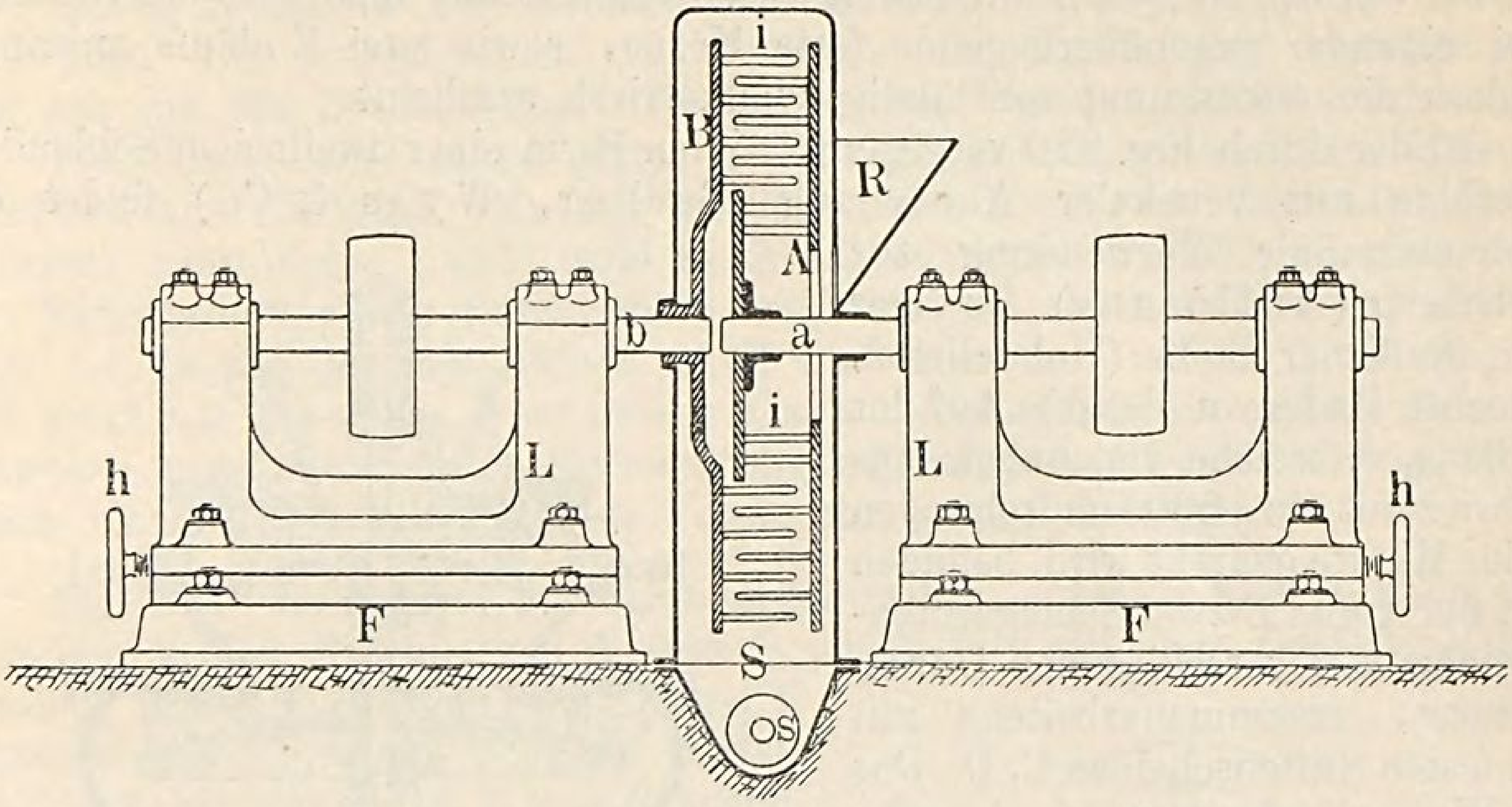


Fig. 818.

Eine andere Konstruktion ist dadurch bemerkenswert, dass man zur Erhöhung des sicheren Ganges die Welle des einen Korbes innerhalb der zu dem Zwecke hohlen Welle des anderen Korbes lagert. Hierbei ist nicht zu verkennen, dass infolge des vergrösserten Durchmessers der Hohlwelle eine erhebliche Mehrung der Reibungsarbeit eintritt. Zur Umgehung dieser und zur gleichzeitigen Gewinnung einer grossen Stabilität eignet sich besonders eine Ausführung (Nagel und Kämp), bei welcher (Fig. 819) der eine Korb B an dem Gestelle G festsitzt, während der andere A auf der Welle a festgekeilt ist, die an beiden Seiten bei L und L lange Lager und durch die Riemenrolle r die Bewegung erhält. Das Mahlgut gelangt aus dem Rumpf C mit Schieber i zunächst auf die geriffelte Speisewalze s und

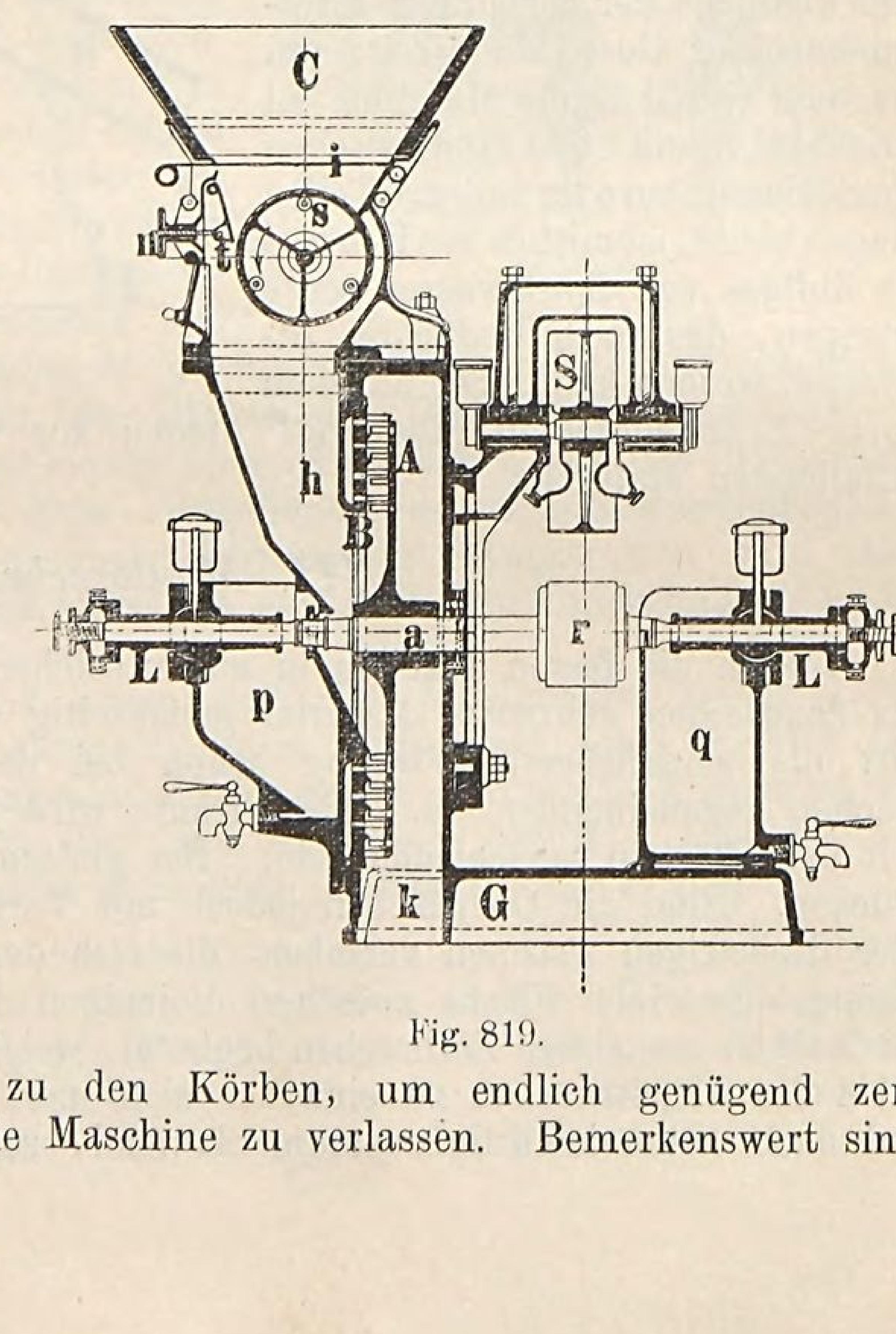


Fig. 819.

sodann durch den Kanal h zu den Körben, um endlich genügend zerschellt durch den Kanal k die Maschine zu verlassen. Bemerkenswert sind

noch die durch eine Schraube n zu stellende Regulierklappe t, die Riemenspannrolle S, die Einstellvorrichtungen für die Welle a, a und die Schmiervorrichtungen mit den Rehältern p und q zum Auffangen des Schmieröles. Diese unter dem Namen Dismembrator in erster Linie zum Mahlen von Getreide bestimmte Maschine wird auch doppelt ausgeführt, indem man den Korb B von beiden Seiten mit Schlagstiften versieht und innerhalb des Gestelles zwei einander gegenüberliegende feste Körbe, sowie zwei Einläufe anbringt, so dass die Anordnung vollständig symmetrisch erscheint.

In der durch Fig. 820 vergegenwärtigten Form einer zweifachen Schleudermaschine mit vertikaler Aufstellung (Escher, Wyss & Co.) findet die Schleudermühle Verwendung zur Zerteilung (Auflösung) faseriger und ähnlicher Stoffe (Holzzellstoff, gekochte Hadern u. dergl.) Auf der Welle a, a, welche von Kegelzahnrädern z mit etwa 500 Umdrehungen in der Minute gedreht wird, befinden sich bei A und B zwei Schlagstiftenscheiben von verschiedenen Durchmessern, zusammenarbeitend mit den festen Stiftenscheiben C, D. Das im Wasser schwimmende Arbeitsmaterial fällt durch den Rumpf R zuerst auf die kleinere Scheibe B und dann auf die grössere und unterliegt demnach der Zerteilung unterzunehmender Geschwindigkeit, um aus dem Kanal K die Maschine zu verlassen. Damit nicht Stoff zwischen den Schlagstiften oder anderen Teilen hängen bleibt, ist mittels des Rohres i für Zufluss von Spritzwasser Sorge getragen, das nach Bedürfnis zugelassen werden kann. Die auf dem Korbe A angebrachten Flügel f, f dienen zur regelmässigen Verteilung des auffallenden Materials.

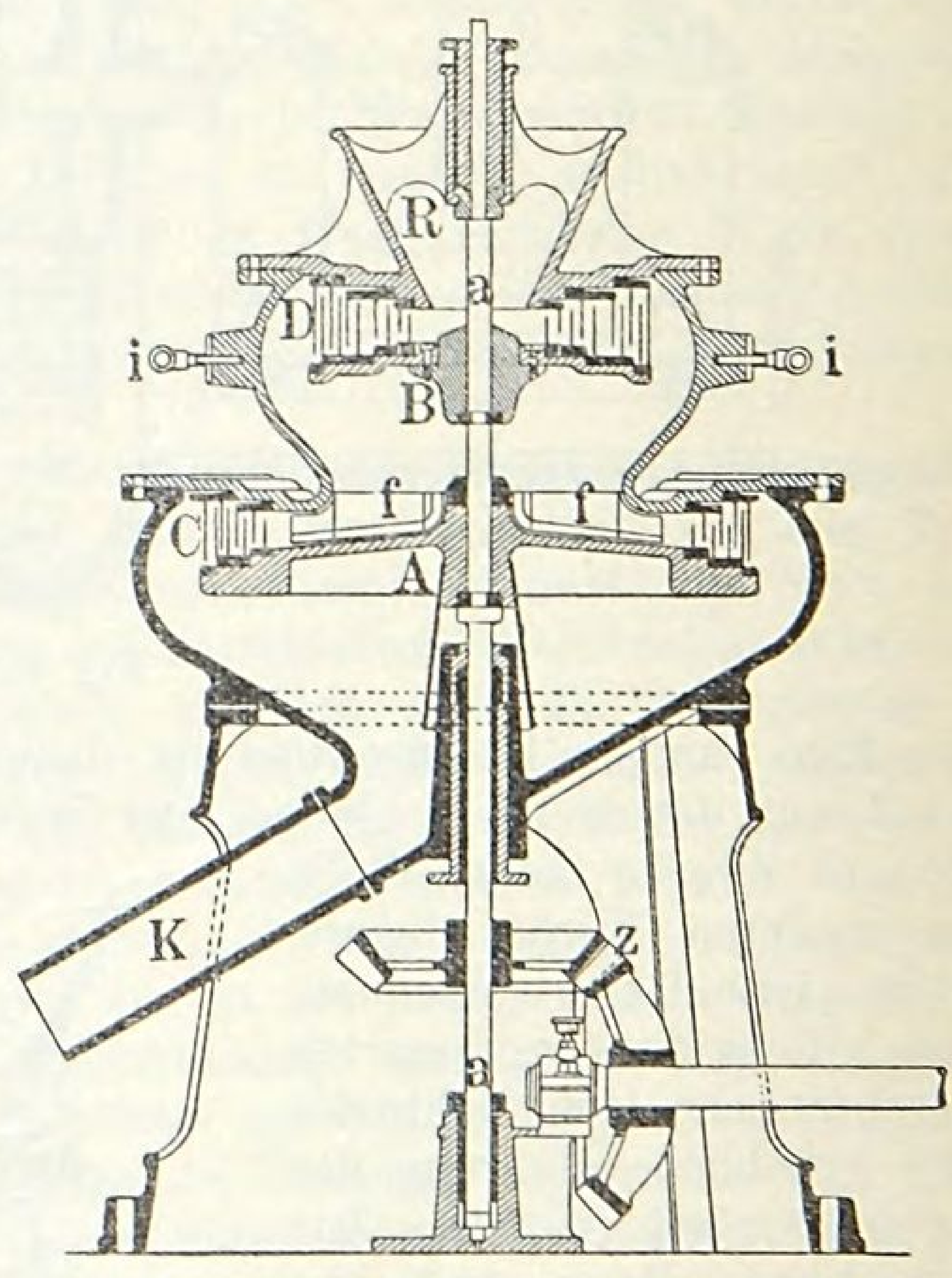


Fig. 820.

III. *Maulbrecher.*

Liegen die festen Flächen in einem solchen Abstand von einander, dass das dazwischen gebrachte Material gleichzeitig von beiden berührt wird, so tritt die zerdrückende Wirkung schon bei der geringsten Bewegung der Flächen gegeneinander ein. Die Wirkung wird jedoch je nach der Beschaffenheit der Flächen verschieden sein. Bei glatten Oberflächen erfolgt ein Zerdrücken. Sind die Oberflächen jedoch mit Vorsprüngen, z. B. Halbcylindern oder dreieckigen Prismen versehen, die sich derart verteilen, dass die Vorsprünge der einen Fläche zwischen diejenigen der andern treten, so ist das Zerdrücken von einem Zerbrechen begleitet, welches jenem vorangeht. Würden dabei die Arbeitsflächen zu einander nicht parallel gestellt, sondern vertikal und nach unten keilartig zusammenlaufend, so fangen sie die Arbeitstücke,

indem sie herunterfallen, und unterliegen fortgesetzt dem Zerkleinerungsprozesse, so dass sie zuletzt nur noch eine Grösse besitzen, welche dem unteren Abstand der Flächen entspricht.

Erhalten die festen Flächen eine schwingende Bewegung, so bezeichnet man sie als Backen, die damit ausgestattete Maschine Maulbrecher, oder ihrem häufigsten Zwecke zum Zertrümmern von Steinen gemäss Steinbrecher. Die verschiedenen Ausführungen der Maulbrecher beziehen sich fast nur auf die Beschaffenheit der Backen und deren Antriebsvorrichtungen.

Die Backen sind selten glatt, gewöhnlich mit auswechselbaren Brechplatten aus Hartguss bedeckt, welche in der Regel von oben nach unten, mitunter quer laufen, auch wohl in Absätzen oder versetzt, parallel oder, zur Näherbringung der Brechpunkte nach unten, zusammenlaufend geriffelt sind. — In den meisten Fällen erhält nur einer der Backen die Bewegung und zwar um die obere oder untere Kante schwingend von einem Exzenter entweder unmittelbar unter Einschaltung einer Exzenterstange oder mittelbar durch einen Kniehebel, stets im Verein mit einem Schwungrad.

Fig. 821 stellt einen fahrbaren Maulbrecher einfacher Konstruktion dar. Von den beiden Brechbacken A und B ist A fest mit dem Gestelle G verbunden, während B um die Achse C schwingend aufgehängt ist, um mittels des Kniehebelgetriebes a, b, c in Schwingung versetzt zu werden. Zu dem Zwecke stützt sich das Gelenk a, b, c mit a gegen den Backen B, mit c gegen ein Stützlager d und bei b gegen den Kopf einer Exzenterstange, so dass bei jeder Umdrehung des Exzenters e das Gelenk a, b, c, einmal gestreckt und der Backen B einmal in Thätigkeit gesetzt wird, wobei ein Gummipuffer g die Rückwärtsbewegung hervorbringt. Während dieses Rückwärtsganges fällt ein Teil des Materials aus der untern Öffnung des Maules M heraus, während der Rest nachsinkt. Da diese untere Maulöffnung die Grösse der Bruchstücke bestimmt, so richtet man sie verstellbar ein, indem man durch den Keil k das Stützlager d vorschiebt oder zurückzieht. Eine Verstellung des Exzenterstangenkopfes b regelt ferner die Grösse der Backenschwingung. Angetrieben wird diese Brechmaschine von der Riemenscheibe R mit etwa 200 Umdrehungen in der Minute.

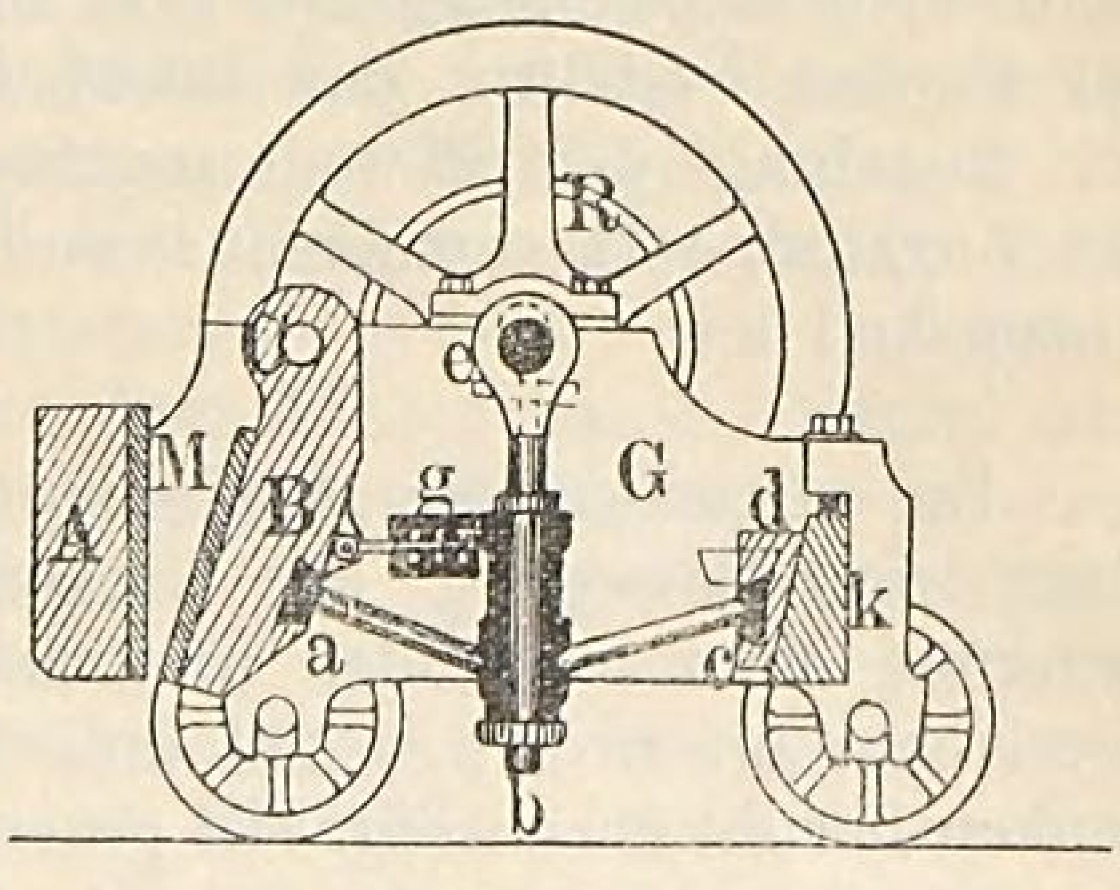


Fig. 821.

Bei dem in Fig. 822 vor Augen geführten Maulbrecher ist die Drehachse C des beweglichen Backens B unten angeordnet. und letzterer unmittelbar an die Stange E angeschlossen, welche von einer Krummachse e bewegt wird, so dass letztere Vor- und Rückgang bewirkt. Das aus dem Maule M herausfallende Material wird über die Gleitfläche F abgeführt.

Eine eigenartige Ausführung der Kniehebelanlage und der Brechplatten zeigt Fig. 823 (Baxter). Auf dem beweglichen Backen B befinden sich zwei gegen einander vorspringende Brechplatten, die mit dem Backen um die Achse C schwingen und zwar in der Weise, dass der Angriff stossweise erfolgt. Zu dem Zwecke findet die Bewegung der Kniestützen a, b und

c, d mittels der Zugstange D nicht unmittelbar von dem Antriebsexzenter e aus, sondern mit Hilfe der Exzenterstange E und einer besonderen Schwinge F statt. Letztere schwingt um die untere feste Achse und nimmt

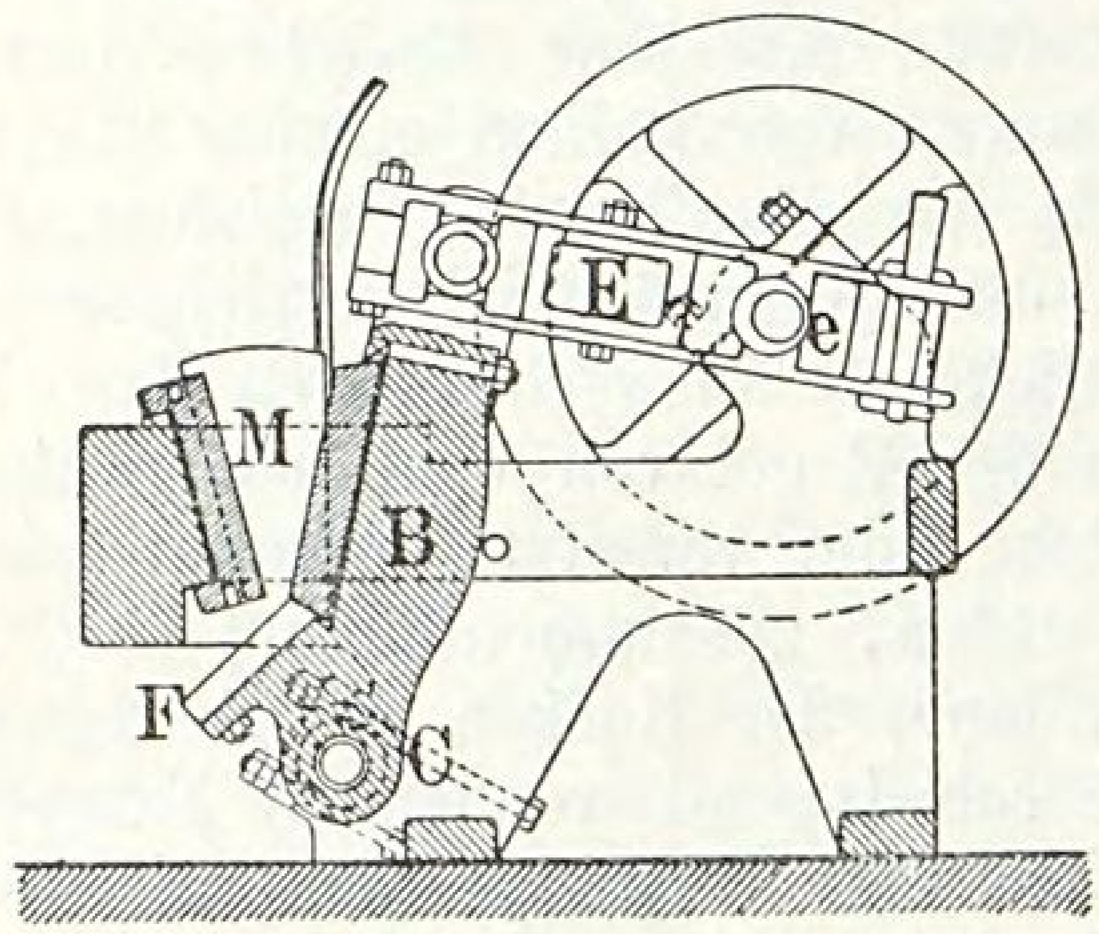


Fig. 822.

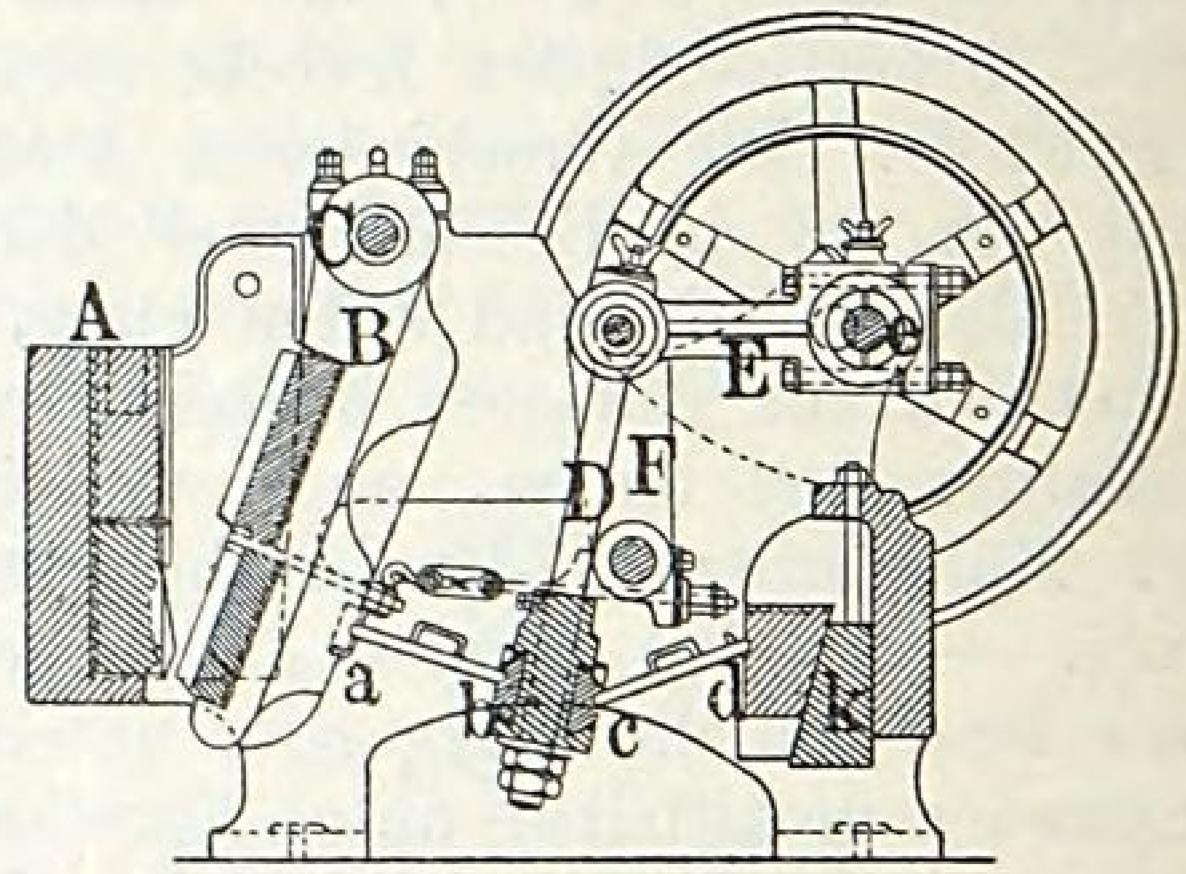


Fig. 823.

oben die Exzenterstange E und die Zugstange D auf, welche infolgedessen mit dem oberen Auge mit F eine Bogenbewegung ausführt, deren Ergebnis nach dem Kurbelgesetz (S. 33) in einer raschen, stossartigen Annäherung der Backen besteht. Zur Rückbewegung von B dient eine Feder mit Kette, zur Regelung der Bewegungsgrösse die Schraube, welche den Klotz auf der Zugstange D verschiebt, und zur Regelung der unteren Maulweite der Anzugskeil k.

Bei verschiedenen Ausführungen der Maulbrecher bezweckt man durch Form und Bewegung der Backen nebst dem Brechen noch die Hervorbringung einer wälzenden und ziehenden Bewegung, um auch noch durch Zerreiben zu wirken. Auf diesem Gedanken beruht der in Fig. 824 gezeichnete Maulbrecher (Breuer). Der als Sektor ausgebildete bewegliche Backen B stützt sich unten gegen Gelenkstützen s, oben gegen die stumpfe Schneide des von dem Exzenter e bewegten Stückes E und wird durch die Federn f, f, f derart getragen und gehalten, dass er allen Bewegungen folgen kann und stets in eine bestimmte Lage zurückkehrt. Deshalb tritt infolge der Exzenterdrehung eine eigentümliche Schwingung ein, welche nicht nur die Annäherung der beiden Backen A und B, sondern noch ein Wälzen von B auf dem im Maule M befindlichen Material bewirkt. Dadurch bietet dieser Maulbrecher die Möglichkeit, das Material, z. B. Thomasschlacke, in sehr feines Pulver zu verwandeln, aber auch auszuweichen, wenn unzerbrechliche Gegenstände (Stahlstücke u. dergl.) zwischen die Backen geraten. Die untere Maulöffnung wird durch den Anzugskeil k eingestellt, so dass verschiedene Korngrössen zu erzielen sind.

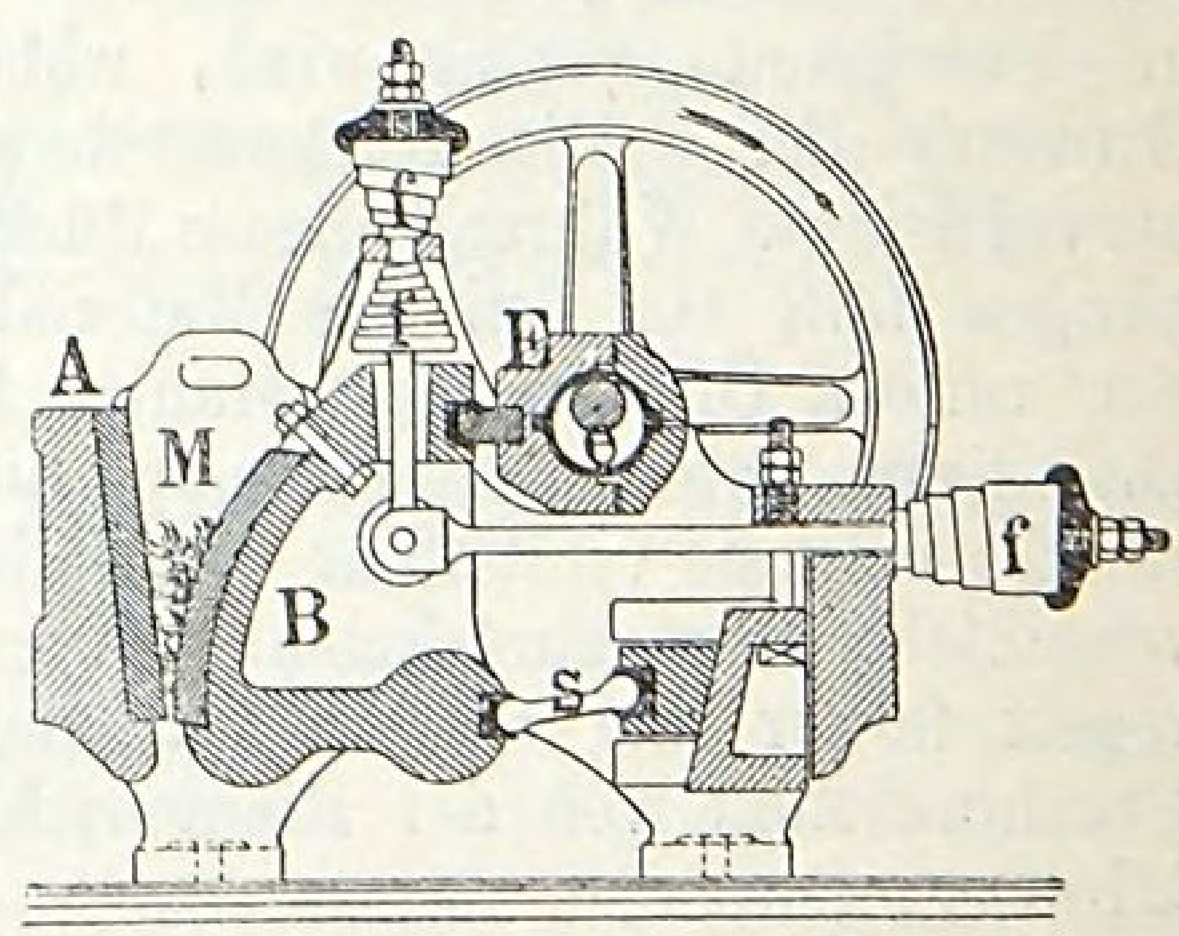


Fig. 824.

In Fig. 825 ist ein sog. Doppelsektorenbrecher (Grusonwerk) als Muster eines Maulbrechers zur Darstellung gebracht, dessen beide Backen

sich gleichzeitig entgegenbewegen. Diese Maschine besteht wesentlich aus den beiden Schwingen A und B, welche um feste horizontale Achsen C und D pendeln. Die Bewegung geht von der Exzenterwelle e aus und durch die Schubstange s auf den Backen B über. Auf den Achsen der beiden Backen sitzen Hebel i, i, welche durch das Zwischenstück n mit einander verbunden sind und somit die Schwingungen des Backens B auf den Backen A übertragen. Die beiden Brechplatten haben oben ebene, unten walzenförmig abgerundete Brechflächen, so dass Cylinderflächen entstehen, deren Achsen mit den Schwingungsachsen zusammenfallen. Infolgedessen wirken diese Flächen ähnlich wie Walzen, die oberen aber wie gewöhnliche Maulbrecher. Die Schwingungsachse des Backens A liegt in Lagern, welche in Rahmen r mittels zweier Schrauben t zum Zwecke der Regelung der Maulweite verstellbar und ausserdem gegen Federn gestützt sind, die eine Nachgiebigkeit des Backens A bezwecken, um die Brechplatten zu schonen, wenn unzerdrückbare Gegenstände in das Maul geraten.

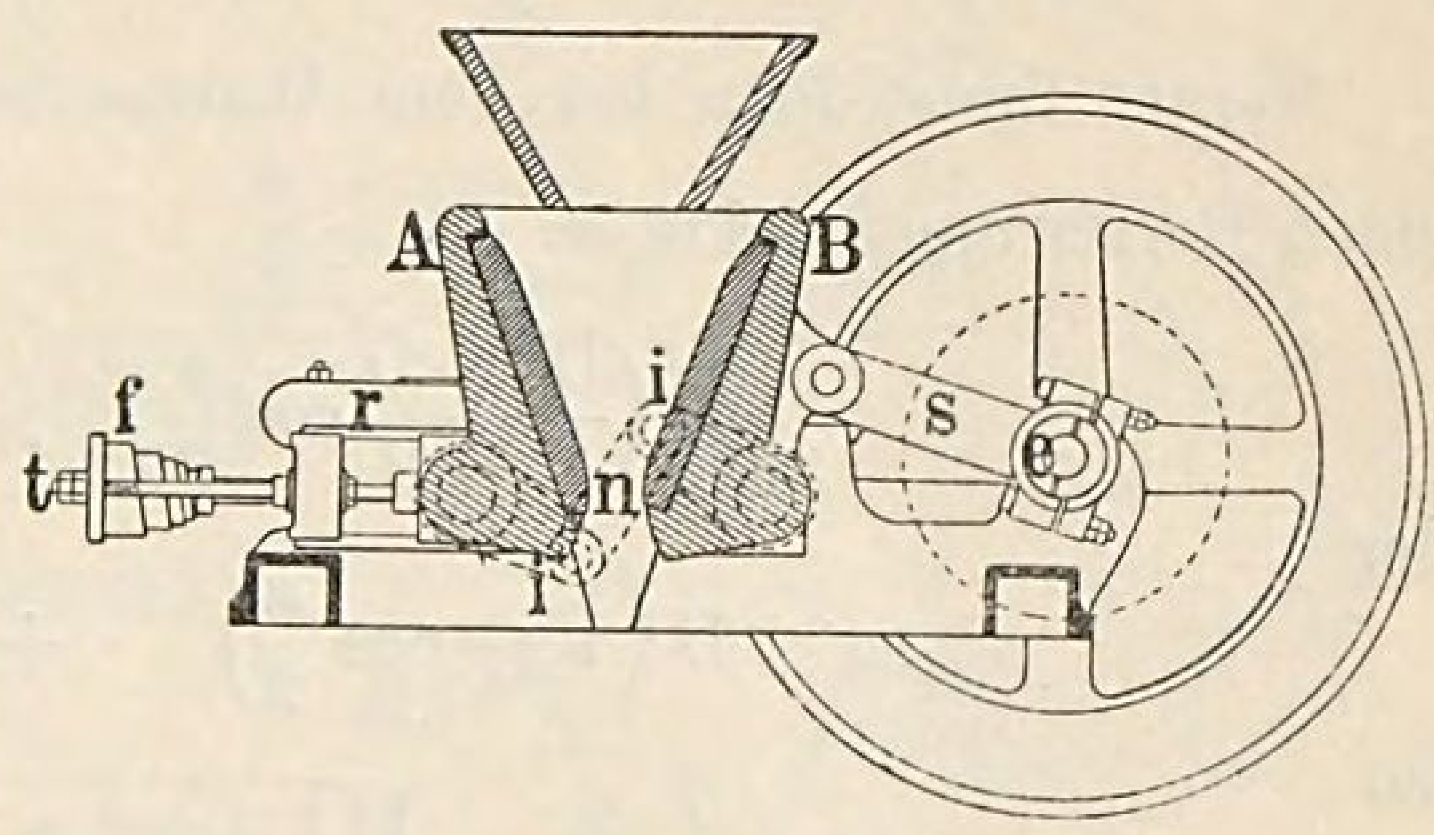


Fig. 825.

Das Bestreben, die Maulbrecher derart einzurichten, dass neben dem Zerdrücken auch ein Zerreiben des Arbeitsmaterials erfolgt, hat zu zahlreichen Bewegungsvorrichtungen geführt, die dem Wesen nach darauf gerichtet sind, den Brechbacken ausser der schwingenden Bewegung noch eine Längsverschiebung gegen einander zu erteilen, z. B. durch Aufhängen des bewegten Backens an einer exzentrisch sitzenden, schwingenden oder sich drehenden Achse, durch Anbringung von besonderen Lenkstangen oder schwingenden Hebeln oder auch durch darauf hinzielende Gestaltung der Platten, z. B. dadurch, dass eine im untern Teile hohlcylindrisch geformte Platte mit diesem Teile um einen vollcylindrischen Teil der festen Platte schwingt (Baxter).

IV. Walzwerke.

Zu den vorzüglichsten Mitteln zur Zerkleinerung gehören die Walzwerke, deren Wesen aus zwei sich drehenden Walzen besteht und deren Wirkung nach der Oberflächenbeschaffenheit und den Bewegungsverhältnissen dieser Walzen sehr verschieden ausfällt. — Bewegen sich zwei cylindrische Walzen A und B (Fig. 826) in entgegengesetzter Richtung, so wird eine Mitnahme des Arbeitsstückes durch Reibung erfolgen, wenn der Angriffswinkel α kleiner als der doppelte Reibungswinkel, oder wenn $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ kleiner als der Reibungskoeffizient f ist. Da diese Grösse aber in bestimmter Beziehung zu der Dicke d des Arbeitsmaterials und dem Durchmesser D der

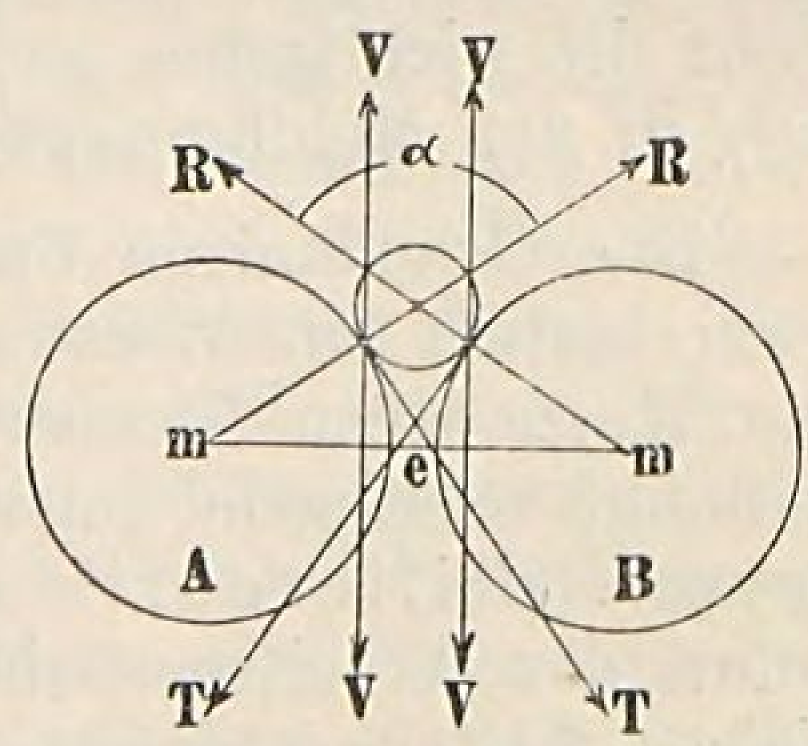


Fig. 826.

Walzen steht, so ist letzterer der ersteren anzupassen. Aus der Figur ist weiters zu erkennen, dass, wenn R den Druck bedeutet, der zwischen Walze und Arbeitsstück besteht, der Gleichgewichtszustand

$$2\,v = 2\,R \sin\frac{\alpha}{2} = 2\,f\,R \cos\frac{\alpha}{2} \text{ also } f = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \text{ ist.}$$

Ferner findet man bei dem Walzenabstande e und dem Abstande der beiden Berührungspunkte $= d \cos\frac{\alpha}{2}$

$$2\left(\frac{D}{2} - \frac{D}{2}\cos\frac{\alpha}{2}\right) + e = d\cos\frac{\alpha}{2}$$

oder

$$D\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) + e = d\cos\frac{\alpha}{2}$$

also

$$D = \frac{d - e\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\frac{\alpha}{2}} - 1}.$$

Weil aber, damit die Reibung zur Mitnahme genügt, $f > \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$ sein muss, so folgt

$$D > \frac{d - e\sqrt{1 + f^2}}{\sqrt{1 + f^2} - 1},$$

so dass D um so grösser ausfällt, je dicker das Arbeitsstück ist. — Die Grösse des Reibungskoeffizienten hängt natürlich wesentlich von der Beschaffenheit der Walzenoberfläche ab, je nachdem diese glatt oder rauh ist.

Bewegen sich beide Walzen mit gleicher Oberflächengeschwindigkeit entgegengesetzt, so besteht der Erfolg auf das Arbeitsstück wesentlich in einem durch die Annäherung der Druckflächen stetig zunehmenden Zerdrücken, das in diesem Fall von einem Zerbrechen begleitet wird, wenn die Walzenoberflächen in der Länge oder peripherisch, oder in der Länge und peripherisch gefurcht d. h. geriffelt oder mit einzelnen vorspringenden aber zwischen einander tretenden Zähnen ausgestattet sind.

Ist dahingegen die Oberflächengeschwindigkeit der Walzen verschieden, so findet bei glatten Walzen nebst dem Zerdrücken noch ein Abreiben und bei geriffelten Walzen noch ein Abscheren statt, so dass die Walzen infolge dieser vielseitigen Art, in welcher sie die Zerkleinerung zu bewerkstelligen vermögen und ihrer ununterbrochenen Wirkungsweise wegen mit Recht die wichtigsten und verbreitesten Zerkleinerungsmaschinen, namentlich auch in der Mehlfabrikation, geworden sind.

Die Grundanlage der Walzwerke ist zudem äusserst einfach. In der Regel besteht ein Walzwerk (Fig. 827) aus einem Walzenpaare A, B, wovon eine Walze einen Riementrieb erhält, während die andere mitunter durch Reibung, vorwiegend mittels Zahnräder von gleichen oder ungleichen Durchmessern (Differentialwalzwerk) mitgenommen wird. Ein Rumpf R nimmt das Arbeitsmaterial auf, das durch sein eigenes Gewicht zwischen die Walzen fällt und durch den Trichter T sich entfernt. In der Regel wird wenigstens eine Walze nachgiebig angeordnet um ausweichen zu können, im

Fall unmässig harte Gegenstände zwischen die Walzen geraten. Vielfach dienen dazu Gummibuffer F, welche durch eine Platte p auf das verschiebbare Lager L einwirken, das mittels der Schraube s zugleich verstellt werden kann, um den Walzenabstand und die Spannung der Buffer zu regeln. Ausserdem ist die Anbringung von Abstreichern a zum Reinhalten der Oberfläche und eines Schwungrades S zu bekannten Zwecken wünschenswert oder notwendig.

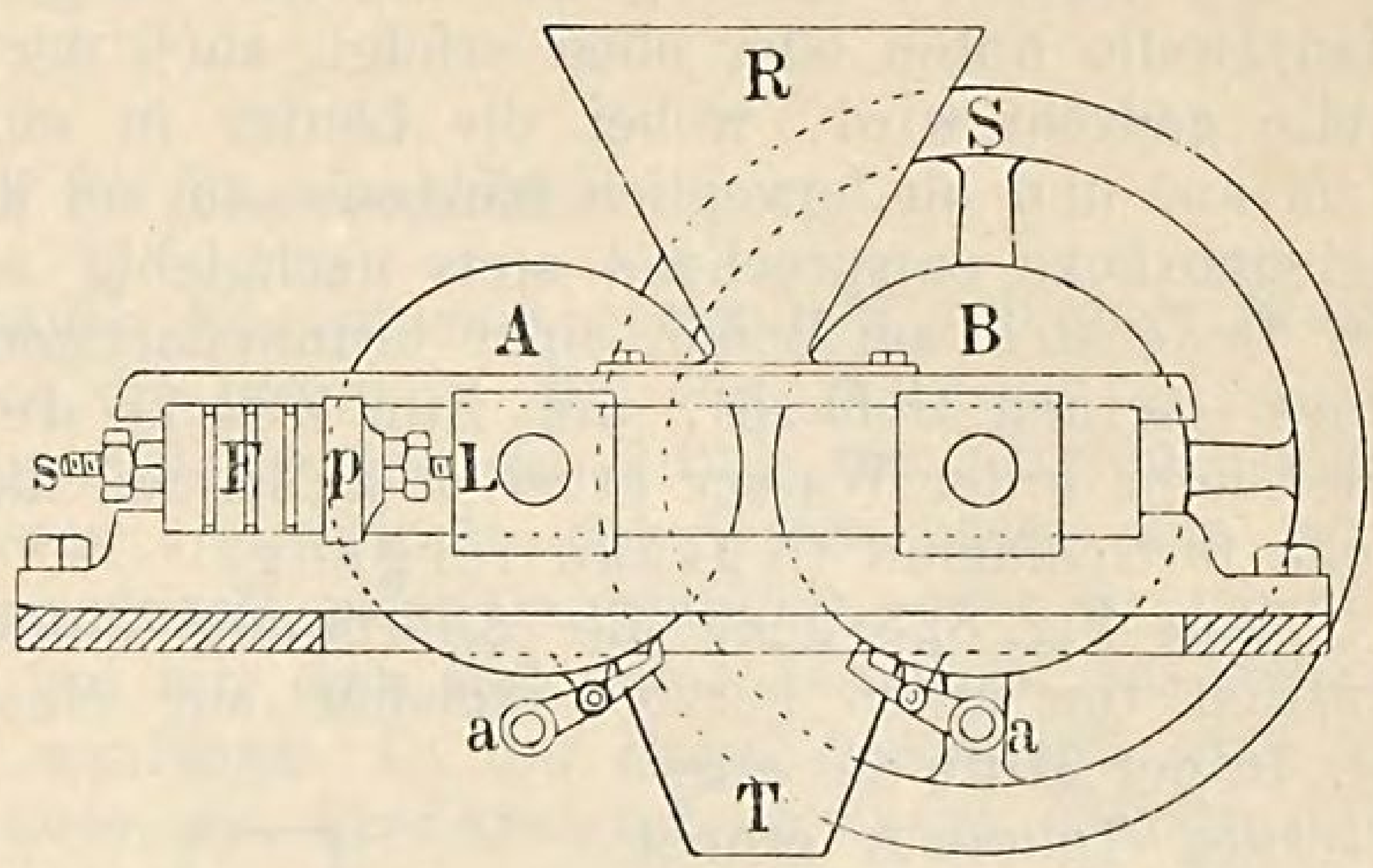


Fig. 827.

Durch Anpassung an zahlreiche Bestimmungen sind für die Walzwerke unter Bewahrung des Hauptcharakters sehr verschiedene Ausführungsformen entstanden, unter welchen besonders beachtenswert sind: Lagerung der Walzen übereinander; mehrere Paare neben oder übereinander; Verteilung mehrerer kleiner Walzen um eine grössere; Andruck durch Spiralfedern oder Hebel mit Gewicht u. s. w. Vereinzelt erhalten die Walzenkörper auch die Form stumpfer Kegel, z. B. in der Ausführung, dass sich ein Kegel um eine horizontale und der andere um eine vertikale Achse dreht. Bezüglich des Walzenmaterials ist zu bemerken, dass am häufigsten Hartguss, selten Stahl, mitunter Holz und Porzellan Verwendung findet.

V. Kollermühlen.

Die Grundlage einer sog. Kollermühle bilden zwei schwere cylindrische Körper (Läufer) gewöhnlich aus Stein, mitunter aus Eisen, welche sich um ihre wagrecht gehaltenen Achsen auf einer festen Unterlage (Bodenstein, Teller) dadurch drehen, dass sie zugleich um eine vertikale, zwischen ihnen liegende Achse kreisen und infolgedessen über das auf dem Bodenstein ausgebreitete Material hinwegrollen. Dabei dient das Gewicht der Walzen als zermalmende Kraft. Indem nun aber selbstverständlich die Umfangsgeschwindigkeit an allen Stellen gleich, der Durchmesser des Laufkreises und damit dieser selbst aber von der inneren zur äusseren Läuferfläche zunimmt, so muss zwischen Läufern und Bodenstein ein Gleiten eintreten, weshalb die Wirkung sich aus Zerdrücken und Zerreiben, wie bei Walzen mit ungleicher Geschwindigkeit zusammensetzt, nur mit dem Unterschiede, dass die Wirkung des Zerreibens von der Mittelebene des Steines nach beiden Flächen grösser wird und demnach sehr ungleichmässig verteilt ist. Die Arbeit erfolgt absatzweise, indem das Arbeitsmaterial in bestimmter Menge aufgegeben, bis zur gewünschten Feinheit fertig gemahlen und dann entfernt wird. Der dabei bestehende Nachteil, dass die schon genügend zerkleinerten Teile immer wieder den andern sich beimengen, hat zu Versuchen Veranlassung gegeben, durch Anbringung von Sieben im Bodenstein eine Trennung zu bewerkstelligen, ohne zu dem gewünschten Ziel gelangt zu sein. Da die Wirkung der Kollermühlen eine in jeder Beziehung ungünstige ist, so be-

sitzen diese Zerkleinerungsmaschinen ein sehr beschränktes Verwendungsgebiet

Die Bauart derselben ist insofern verschieden, als der Antrieb der Hauptwelle unten oder oben erfolgt, auch der Bodenstein statt der Königswelle gedreht wird, wobei die Läufer in einem Rahmen oder an einem Arm auf und ab beweglich hängen, da sie der verschiedenen Grösse der Arbeitsstücke entsprechend stets nachgiebig sein müssen. Mitunter liegt der Bodenstein am Boden einer brunnenartigen, aufgemauerten Grube oder eines eisernen Gefässes, um zum Zwecke der nassen Aufbereitung die Läufer unter Wasser arbeiten zu lassen, das zugleich die fein gemahlten Teile fortschlämmt (Nasskollergang).

Aus Fig. 828 geht die Anordnung eines Kollerganges (Voith) mit Antrieb von unten hervor, welcher auf einem Kellergewölbe aufgestellt ist. In der Mitte des gusseisernen Tellers A erhebt sich ein Lagerstuhl B zur Aufnahme der Königswelle C, welche bei D nochmals gelagert und zum Antriebe mit einem Kegelzahnrad versehen ist, das mittels des Triebrades G von der Riemenscheibe F Umdrehung erhält und durch die Büchse J und Zapfen c, c auf die Steine H, H überträgt. Diese Zapfen sitzen an Hebeln oder Kurbeln, die ihrerseits wieder an Zapfen a d befestigt sind, die in der Büchse J liegen, so dass die Läufer H nachschleppen und in gegenseitiger Unabhängigkeit vertikal auf- und absteigen, um sich dem verschieden hoch aufgehäuften Material anzupassen. Für eine gute Wirkung der Kollergänge ist es notwendig, dass das Material fortwährend unter die Läufer gebracht wird. Hierzu dient die an der Büchse sitzende Streichschiene s, welche auf dem Tellerboden herstreicht und das Material in das Bereich der Läufer schiebt (Sammler). Zum Ablassen des Mahlgutes ist in dem Teller A eine mit einem Schieber verschliessbare Öffnung O angebracht, aus welcher das Material

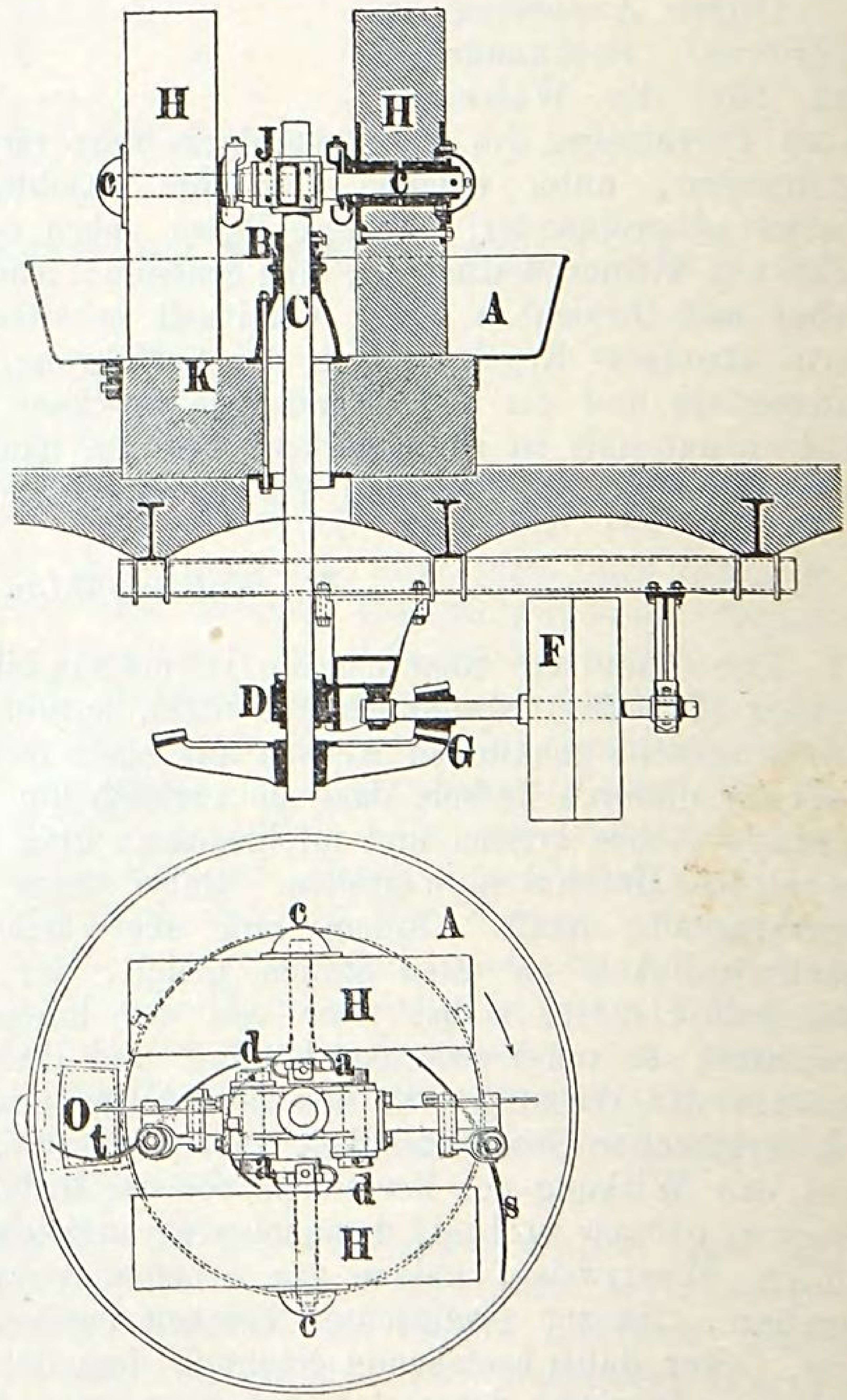


Fig. 828.

durch die zweite Schiene t herausgeworfen wird (Auswerfer). Die Schienen s und t hängen an vertikalen Stangen, die mittels eines Hebels mit Handgriff gehoben oder gesenkt werden, um abwechselnd s oder t in Thätigkeit zu setzen.

VI. Kugelmühlen.

Da die Wirkung rollender Kugeln mit derjenigen rollender Walzen übereinstimmt, so sind auch die ersten in den sog. Kugelmühlen vielfach nach dem Prinzip der Kollergänge als Mittel zur Zerkleinerung in Gebrauch gekommen und zwar entweder in der Weise, dass man sie in halbcylindrischen Kreisrinnen durch Arme herumführt, oder in einem in Drehung versetzten Gefässe frei mit dem Material rollen lässt, das dadurch selbst eine kugelige Gestalt annimmt. In der Regel beschränkt man sich dabei auf die Wirkung, welche die übereinander liegenden Kugeln durch ihr Gewicht ausüben; in einzelnen Fällen vergrössert man den Druck in der Weise, dass man die Kugeln in einer horizontalen Kreisrinne mit Hilfe einer über denselben liegenden, durch starke Federn abwärts gezogenen und mit Greifern versehenen Scheibe zugleich dreht und belastet, in anderen Fällen nimmt man die Zentrifugalkraft mit zu Hilfe. Die Beschickung der Kugelmühle kann postenweise oder ununterbrochen erfolgen, in welchem letzteren Fall die stetige Abscheidung des fertig gemahlenen Materials durch Sieben oder neuerdings durch einen kräftigen Luftstrom vorgenommen wird. Des vorteilhafteren Erfolges wegen ist natürlich die stetige Beschickung vorzuziehen und demgemäss die Postenbeschickung nur im Gebrauch, wo es Umstände gebieten.

Aus Fig. 829 geht die Anordnung einer viel verwendeten Kugelmühle (Sachsenberg) hervor. Die von zwei Zapfen getragene, durch die Riemenscheibe R in Drehung versetzte, die Kugeln aufnehmende Trommel T besteht aus einem Mantel a aus Stahlplatten, die mit Schlitzen zum Durchlassen des Mahlgutes versehen sind, während der Trichter b zur Beschickung dient. In einem entsprechenden Abstande ist der Mantel a mit 10 Flachsieben 2 umgeben, durch welche das Mahlgut in den Raum 3 und von diesem durch den Kanal 4, 5 und Hohlzapfen x aus der Maschine gelangt. Zwischen dem Mantel a und den Flachsieben 2 ist noch zur Schonung der letzteren ein Trommelsieb 1 eingesetzt, welches das grobe Material zurückhält und durch den Kanal 6 stets in das innere der Trommel zurückführt.

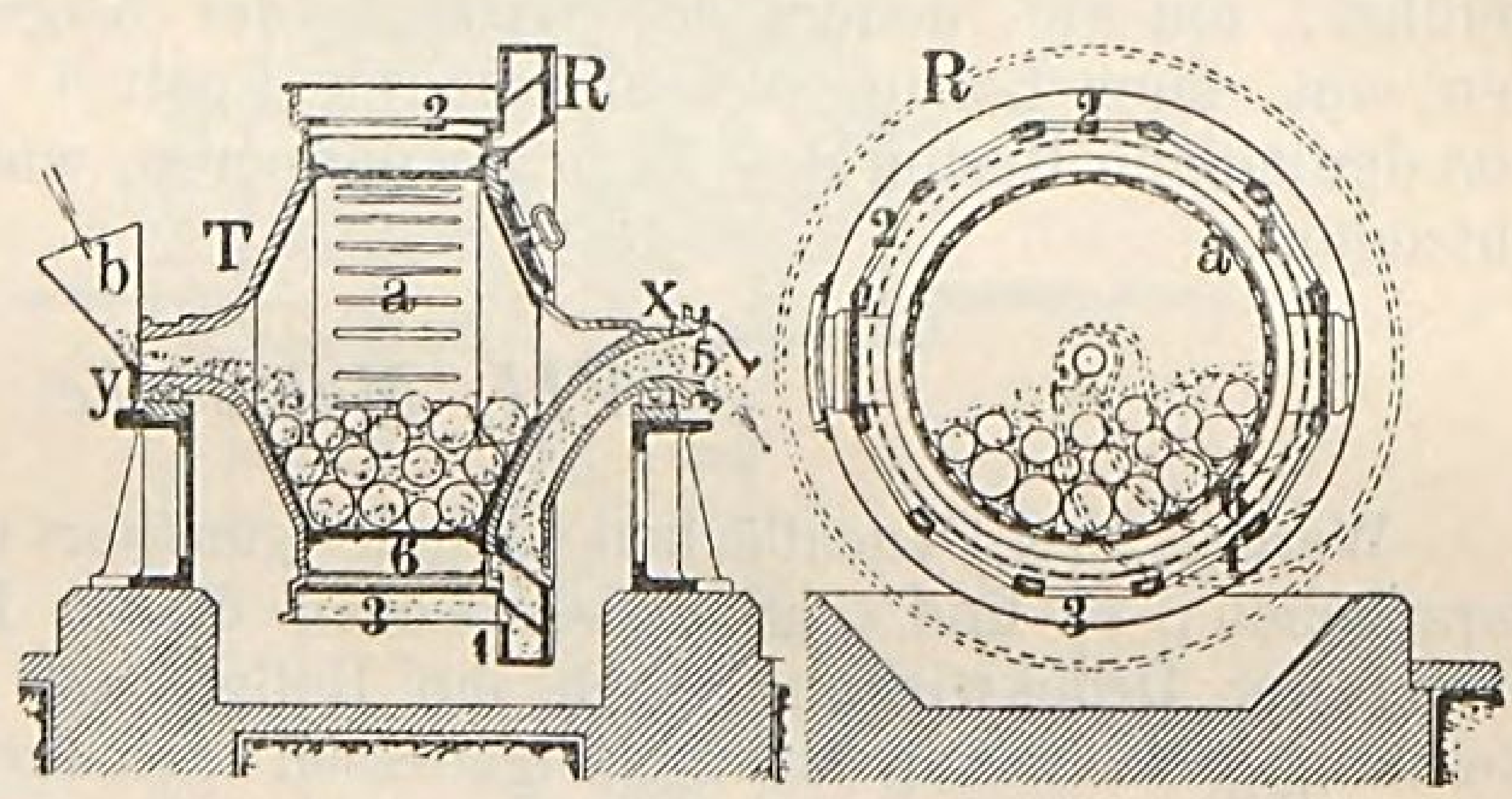


Fig. 829.

Eine einfachere Ausführung zeigt Fig. 830 (Grusonwerk). Die rotirende Trommel T ist aus Hartguss- oder Stahlstäben a zusammengesetzt und mittels schmiedeiserner, inwendig mit Hartgussplatten bedeckter Stirnwände durch windschiefgestellte Nabenscheiben s sowie Nabe n mit der

Stahlwelle w verbunden. Das Material wird in den Rumpf R gebracht, von den schraubenartig wirkenden Nabenspeichen c gefasst und in die Trommel T gefördert. Das genügend zerkleinerte Material fällt durch die Rostspalten auf das Cylindersieb c aus gelochtem Stahlblech, welches die gröberen Teile zurückhält und die feineren auf das zweite feine Sieb d ge-

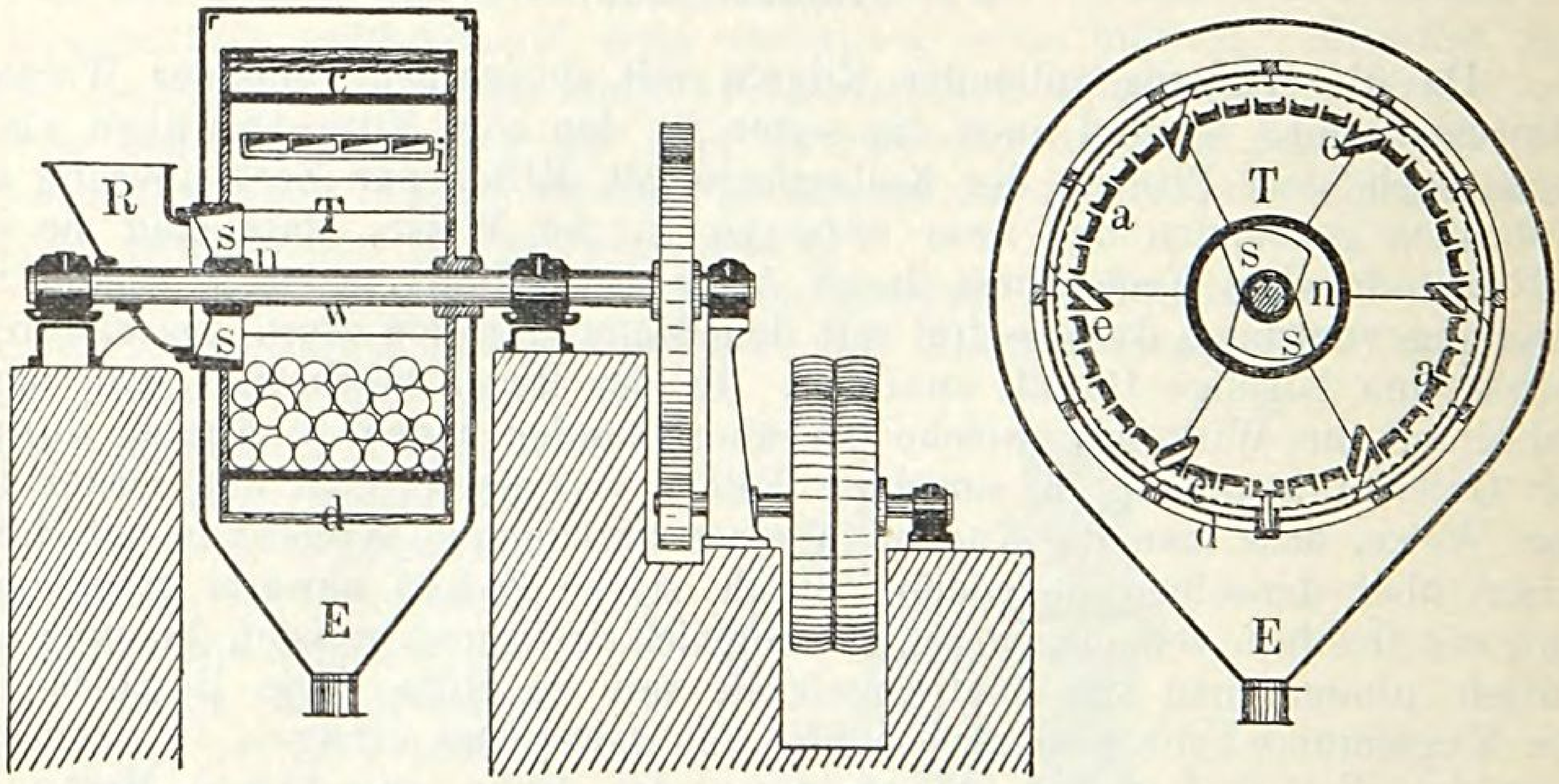


Fig. 830.

langen lässt, welches nunmehr das feinere abtrennt, das aus dem Mantelraum in den Auslasstrichter E gelangt. Die zwischen den Sieben c und d zurückbleibenden gröberen Teile werden von den Blechschaufeln aufgenommen und durch die Kanäle e in das innere der Trommel zurückgeführt, um von neuem der Wirkung der Kugeln zu unterliegen. Durch den von einer Leiste verschliessbaren Spalt i lässt sich die Trommel T von denjenigen Resten des Materials entleeren, welche sich der Verkleinerung entziehen.

VII. Mahlwerke.

Werden zwei Druckflächen einander genähert und zugleich gegen einander verschoben, so findet an den zwischen diesen Flächen liegenden Körpern neben der Druckwirkung noch ein Rollen statt, wenn die mitnehmende Reibung gross genug ist. Infolgedessen gelangen aber stets neue Punkte der Arbeitsstücke zum Angriffe, so dass letztere immer mehr und mehr zertrümmert und zugleich zerrieben werden, indem, eine entsprechende rauhe Beschaffenheit der Druckflächen vorausgesetzt, letztere unausgesetzt kleine Teilchen abstossen. Dieser Arbeitsvorgang ist besonders geeignet, zahlreiche Stoffe in sehr feines Pulver zu zerlegen, und bildet die Grundlage des Verfahrens, das kurzweg als Mahlen bezeichnet und in hervorragendster Weise zur Verwandlung des Getreides in Mehl ausserdem in zahlreichen andern Fällen verwendet wird.

Die zum Mahlen dienenden Druckflächen müssen eine gewisse Rauhigkeit besitzen, um die erforderliche Reibung und abreissende Wirkung hervorzubringen. Da diese Beschaffenheit eine Eigentümlichkeit gewisser Stein-

arten, namentlich des Süsswasserquarzes, des Basaltlava, verschiedener Sandsteine etc. ist, so stellt man die Druckflächen (Mahlflächen) vorwiegend dadurch her, dass man diese Steine in bestimmte Formen bringt (Mahlsteine), welche zugleich mit Rücksicht auf den Umstand gewählt werden müssen, dass die Mahlflächen sich allmählich zu nähern und gegen einander zu bewegen haben und dass eine stetige Zuführung und Abführung stattfinden kann. Alle diese Forderungen werden erfüllt, wenn man den Steinen die Form niedriger Cylinder giebt, deren Grundflächen die Mahlflächen bilden und deren Drehung durch Wirkung eines Steines um die Cylinderachse gegen einen festliegenden anderen hervorgerufen wird. Die Speisung erfolgt durch ein in der Achse eines Steines sitzendes Loch (Auge), das Mahlen zwischen den Flächen, welche in der Mitte muldenförmig vertieft, daher am Rande näher zusammengerückt sind, und der Austritt des Mahlgutes an der Steinperipherie, der es allmählich teils durch Zentrifugalwirkung, teils durch besondere auf den Mahlflächen angebrachte Furchen und die darin auftretende Luftbewegung vom Auge zur Peripherie geschoben wird. Eine Anlage zweier Mahlsteine mit Speise- und Abführungsvorrichtung nennt man Mahlgang und unterscheidet oberläufige, wenn sich der obere Stein bewegt (Läufer), und unterläufige, wenn der untere gedreht wird. Der feste Unterstein heisst Bodenstein. Am gebräuchlichsten ist der oberläufige Mahlgang.

Ein für verschiedene Zwecke brauchbarer oberläufiger Mahlgang ist in Fig. 831 vor Augen geführt. Man erkennt in B den Bodenstein, umgeben von einer eisernen Zarge R und genau einstellbar durch Schrauben s, s, s. Durch die Büchse L geht die Achse (Mühlspindel) D, umgetrieben von der festen Riemenscheibe f mittels der Kegelräder k und gelagert im Fusslager G. Auf dieser Achse ruht der Läufer A mittels einer in dem Auge C sitzenden sog. schwebenden Haue, ebenfalls umgeben von einem Blechmantel c (Zarge). Das Material gelangt aus dem Trichter E durch den sog. Schluck a zwischen die Mahlflächen und aus diesen durch die Zarge c nach aussen. Die Einstellung der Steine erfolgt durch Hebung oder Senkung des Fusslagers mit einer das letztere tragenden Schraube, die im Innern des Gestelles G sitzt und durch Schneckenrad, Schnecke, Stange p, Kegelzahnräder m, Stange J und Handrad H bewegt wird. Bei dieser

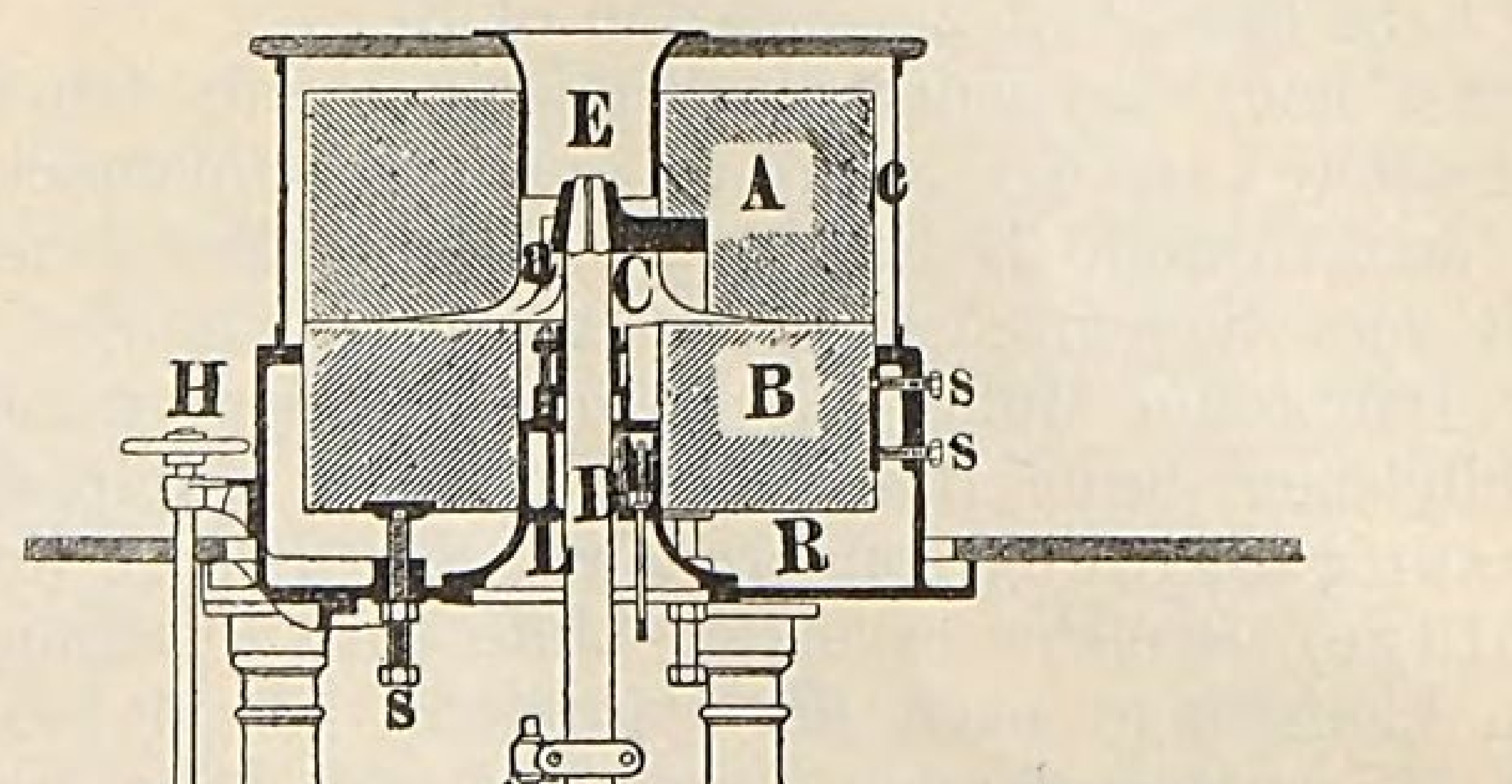


Fig. 831.

Verstellung dient die Schraube t zum Verschieben des einen Kegelrades längs der Welle D, damit beide Räder gehörig in Eingriff bleiben.

In manchen Fällen ist es erforderlich, das Mahlen unter Zufluss von Wasser oder Zusatz von anderen Flüssigkeiten, z. B. Leinölfirnis, vorzunehmen, z. B. um gewisse Stoffe (Farbstoffe, Chlorkalk u. dergl.) in Wasser u. dergl. fein zu verteilen oder aufzulösen. Zu dieser Arbeit eignet sich vorzüglich der in Fig. 832 abgebildete kleine Mahlgang (Voith). In dem cylindrischen eisernen Gefäss A befinden sich zwei Mahlsteine von etwa 60 *cm* im Durchmesser, wovon der untere festliegt und der obere sich in der eben erwähnten Weise durch die Zahnräder a von der Riemenscheibe f aus dreht. Das Mahlgut gelangt mit der zulaufenden Flüssigkeit in den Rumpf C, um von der mit der Mühlspindel verbundenen Schnecke s gefasst, durch das Läuferauge zwischen die Mahlflächen geführt und dann gehörig gemahlen, durch das Rohr r in den Behälter geleitet zu werden. Der Schaber e verhindert das Festsetzen des Mahlgutes in dem Rumpf, die beiden Schieber i, i regeln die zum Mahlen gelangende Menge des Mahlgutes. Das durch das Handrad h in Thätigkeit zu setzende Stellwerk n hebt und senkt die Mühlspindel mit dem Läufer, während die Stellschrauben u, u die leicht auseinander zunehmende Maschine zentrirt und auf dem Gestelle B befestigt. — Kleine Maschinen dieser Art werden auch statt von Riemenscheiben von einer Handkurbel angetrieben.

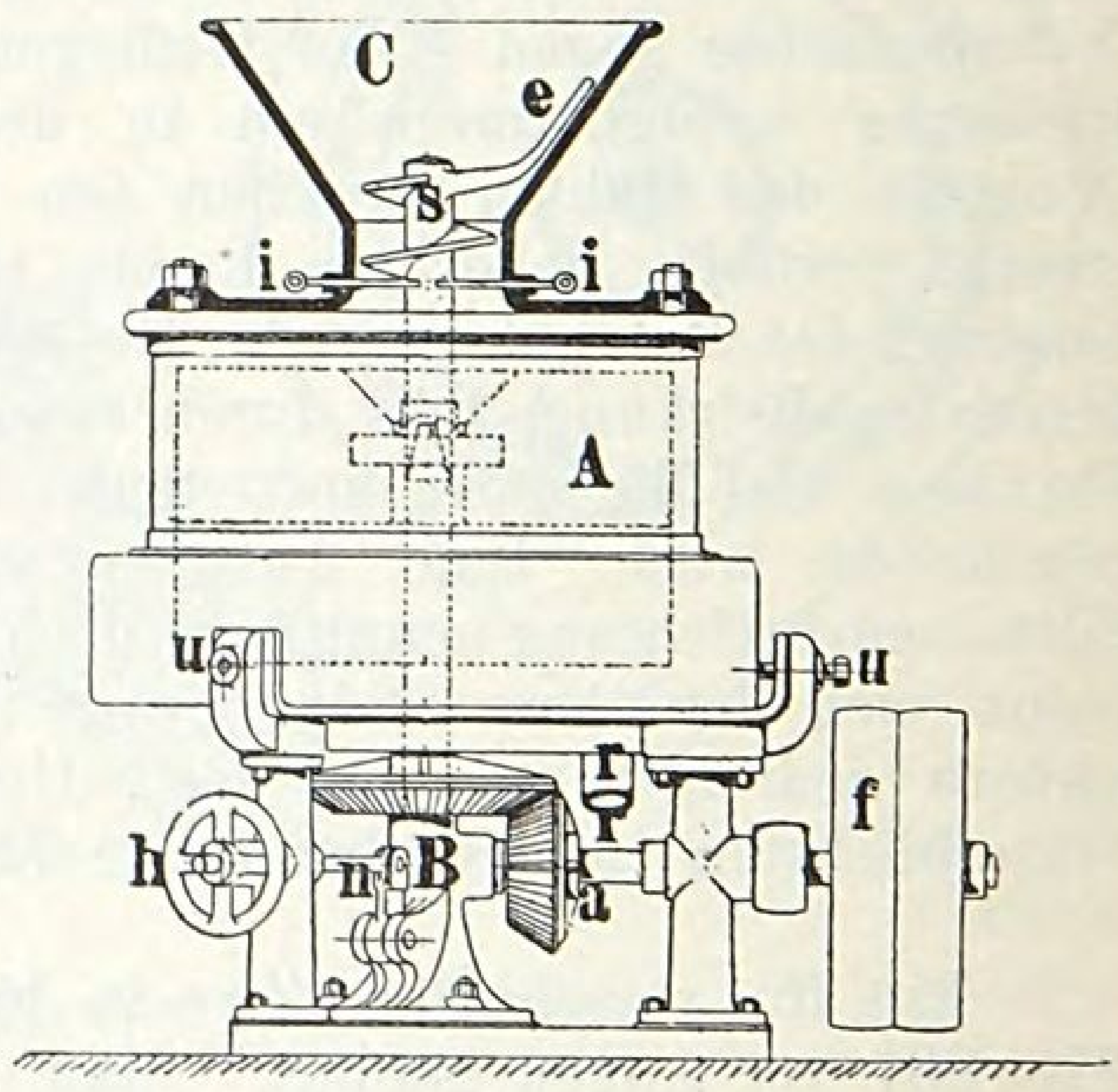
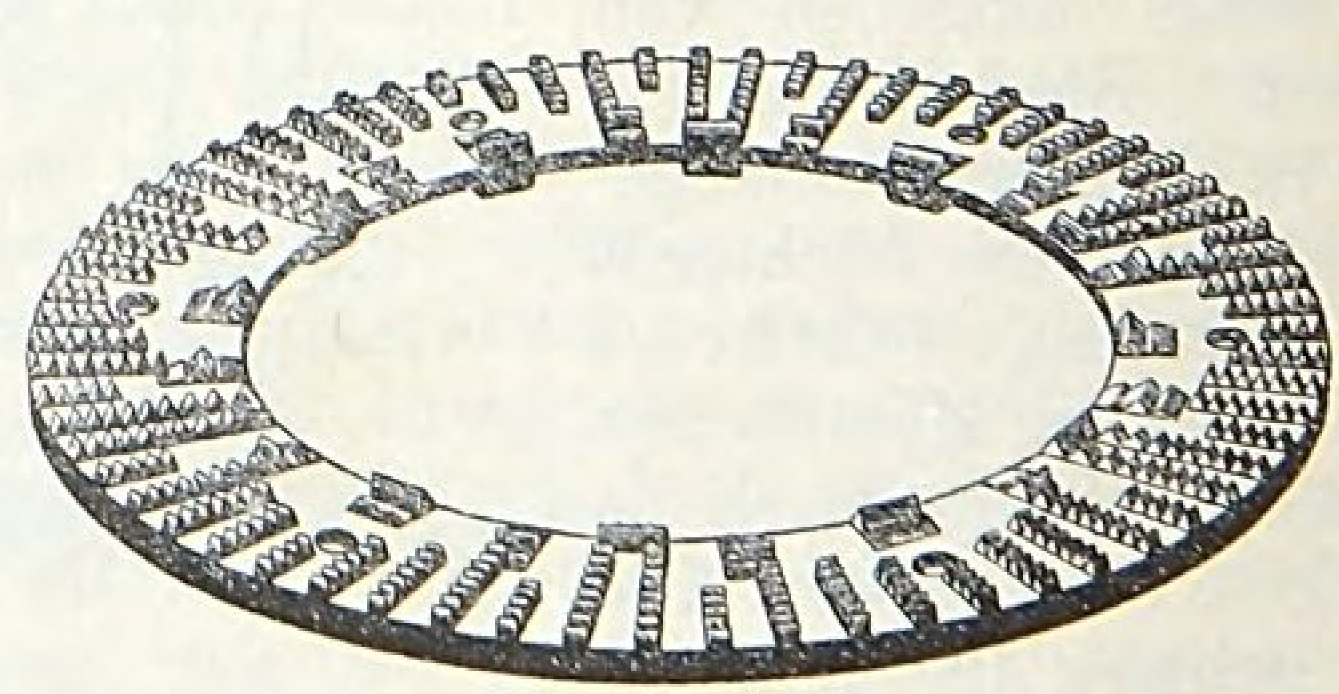


Fig. 832.

Damit die Mühlsteine gehörig wirksam werden und bleiben, sind die Mahlflächen durch Bearbeitung mit sog. Mühlpickeln nicht nur mit rauhen (Sprengschläge), sondern auch mit tieferen Furchen zu versehen (Hauschläge), welche in erster Linie dazu bestimmt sind, das Mahlgut von dem Läuferauge nach der Peripherie zu fördern. Zur Umgehung dieser sich oft wiederholenden Arbeit hat man statt der Mühlsteine Scheiben aus Hartguss zur Anwendung gebracht und dadurch die sog. Scheibenmühlen erfunden, welche in zahlreichen Fällen mit Erfolg die Steinmahlgänge ersetzen. Zugleich hat man es vorgezogen, dabei die Mühlspindel horizontal zu lagern, also die Läuferscheibe in vertikaler Ebene in Drehung zu setzen. Die Mahlflächen dieser Scheiben erhalten mitunter eine einfache radial verlaufende Riffelung, häufiger jedoch Zähne von Pyramidenform, die (Fig. 833) reihenweise angeordnet und auf den zusammenarbeitenden Flächen derart versetzt sind, dass die Zahnreihen der einen zwischen die Zahnreihen


Fig. 833.

der anderen greifen. Die Form, Verteilung und Stellung dieser Zähne gestatten eine weitgehende Annäherung der Platten und wirken durch mehr oder weniger vollkommenes Abscheren und Reiben und zwar von der Mitte zum Umfang in stetig zunehmender Weise, so dass sich diese Scheibenmühlen besonders zum Vermahlen weicher und mittelharter Stoffe, Farbholz, Lohe, Kork, Kohlen, Salze, Thon, Zucker, Gyps, Knochen, Schwefel, Soda etc. bewährt haben.

Eine sehr verbreitete Scheibenmühle (Exzelsiormühle; Grusonwerk) dieser Art zeigt Fig. 834. Die arbeitenden Teile derselben bestehen aus zwei mit den angegebenen Mahlflächen versehenen Hartgussringen (Fig. 833), wovon der eine b an dem Gestelle G, der andere a an der Scheibe s festsitzt, welche von der Welle n m in schnelle Drehung (durchschnittlich 300 Umdrehungen in der Minute) versetzt wird. Das Mahlgut fällt aus dem Rumpf R, durch den Schieber f regulirt, in den Mahlgang und verlässt denselben durch den Trichter E. Zur genauen Einstellung des Scheibenabstandes dient ein schwingender Sattel o, der über einen Kammzapfen d greift und mittels einer Schraube und Handrad c das Lager, mithin die Achse n m schiebt, während die Feder e den Andruck hervorruft.

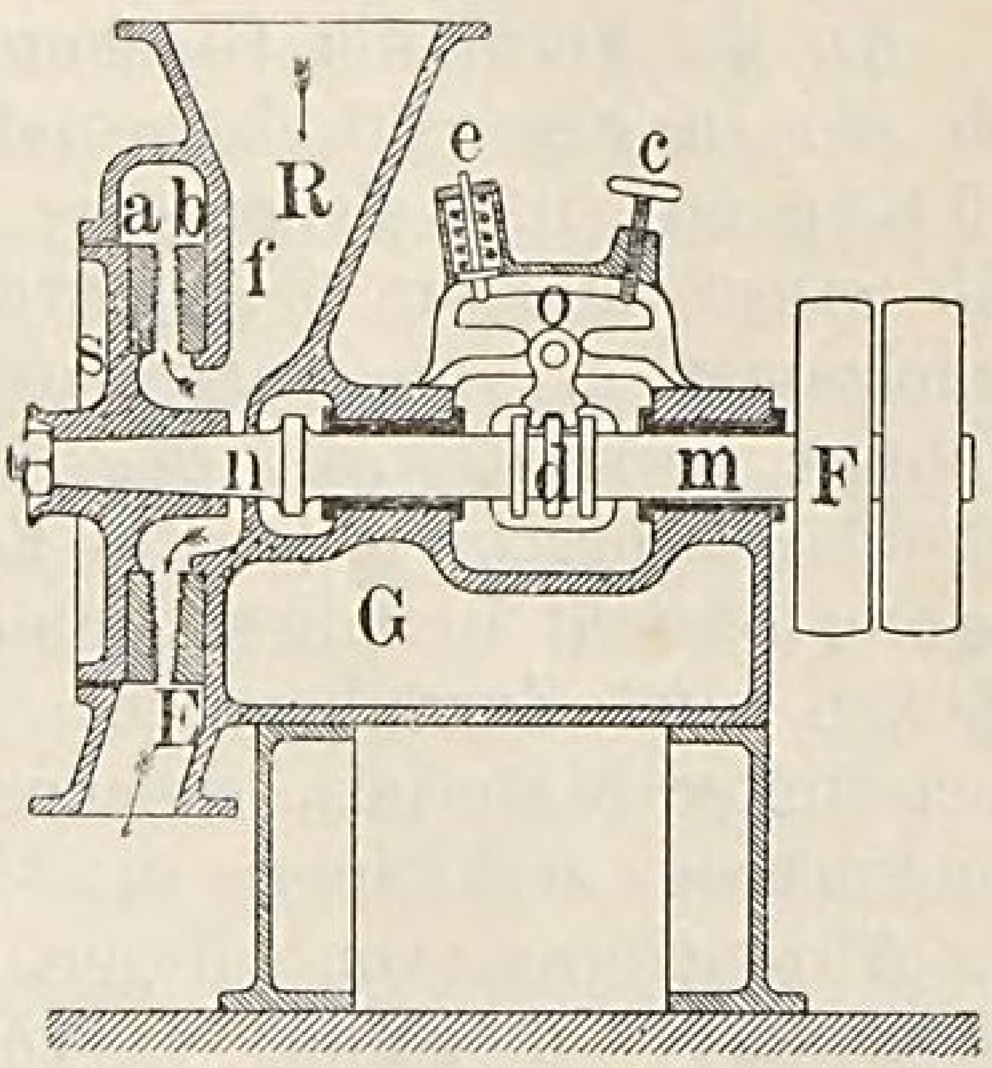


Fig. 834.

Verwendet man statt der ebenen Stein- oder Scheibenflächen die cylindrischen Umflächen, an die man das Arbeitsmaterial anpresst, so dass von diesen nur Teile von der Oberfläche fortgenommen werden, was mit dem Namen Schleifen bezeichnet wird, so erhält man die Grundlage jener zahlreichen Gattung von Maschinen, die man Schleifmaschinen nennt, wenn die abgenommenen Teile sehr klein sind (Schliff). Umgiebt man jedoch solche Cylinderflächen mit einem cylindrischen Mantel und füllt den Zwischenraum zwischen Mantel und Werkzeug mit dem Arbeitsmaterial aus, so unterliegt letzteres infolge der Drehung des Werkzeuges einem Zerkleinerungsprozesse, der je nach der Oberflächenbeschaffenheit des Werkzeuges abscherend oder zerreibend wirkt, vorausgesetzt, dass das Arbeitsmaterial einen genügenden Andruck erhält. Letzterer wird am einfachsten durch eine kegelförmige Gestaltung des Mantels oder des Werkzeuges erhalten, wenn zugleich das Mahlgut veranlasst wird, von der weiteren Aufgabestelle unausgesetzt in dem keilförmigen Zwischenraum zu der engeren Ausgangstelle vorzurücken. Die Zerkleinerungsmaschinen dieser Art bezeichnet man wegen der Glockengestalt des Mantels kurzweg als Glockenmühlen. Sie gelangen in der Regel stehend, selten liegend zur Aufstellung, weil im ersten Fall stets die ganze Mahlfläche in Wirkung erhalten und das Mahlgut von oben nach unten durchgemahlen werden kann. Die Grundform dieser Glockenmühlen geht aus Fig. 835 hervor. Der

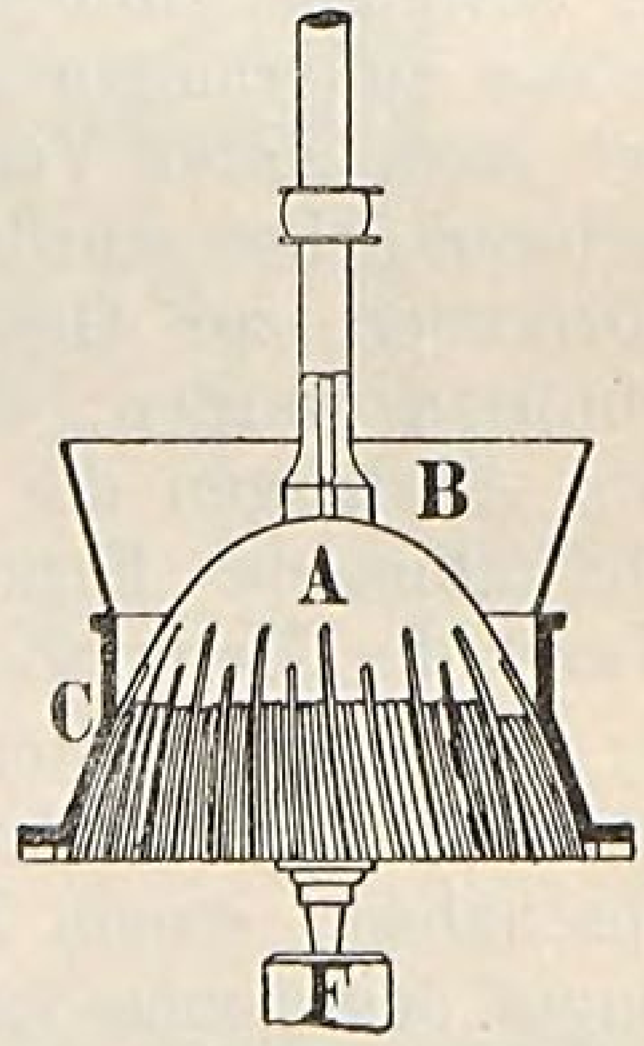


Fig. 835.

Mahlkegel A ist auf der Oberfläche, der Mantel C an der Innenfläche mit schraubenförmig verlaufenden Riffeln versehen, die nach unten sich immer enger zusammenziehen und feiner werden, so dass das in den Trichter B gefüllte Material nicht nur immer feiner, sondern auch durch den Lauf der Riffeln eingezogen wird. Da die Höhenlage des Kegels A die Grösse des Zwischenraums und damit die Feinheit des Mahlgutes bestimmt, so wird das Fusslager F verstellbar gemacht. Die Glockenmühlen dienen vorzugsweise zum Mahlen weicher Stoffe (Kaffee, Gewürze, Lohe, Farbholzen, zum sog. Farbreiben u. dergl.).

An die Form der Glockenmühle schliesst sich die in Fig. 836 dargestellte Mörsermühle an, in welcher eine Keule a innerhalb eines Mörsers b, gestützt auf einem Kugelzapfen c, von einer Kurbel e derart in Drehung versetzt wird, dass ihre Achse eine Kegelfläche beschreibt. Die Folge dieser Bewegung besteht in einem unausgesetzten Zerdrücken und Zerreiben des in den Mörser geschütteten Materials, welches sehr fein und gleichmässig zerkleinert die Mühle verlässt. Als Abweichung von dieser Anordnung ist insbesondere diejenige hervorzuheben, bei welcher Keule und Mörser in Kugelflächen sich berühren.

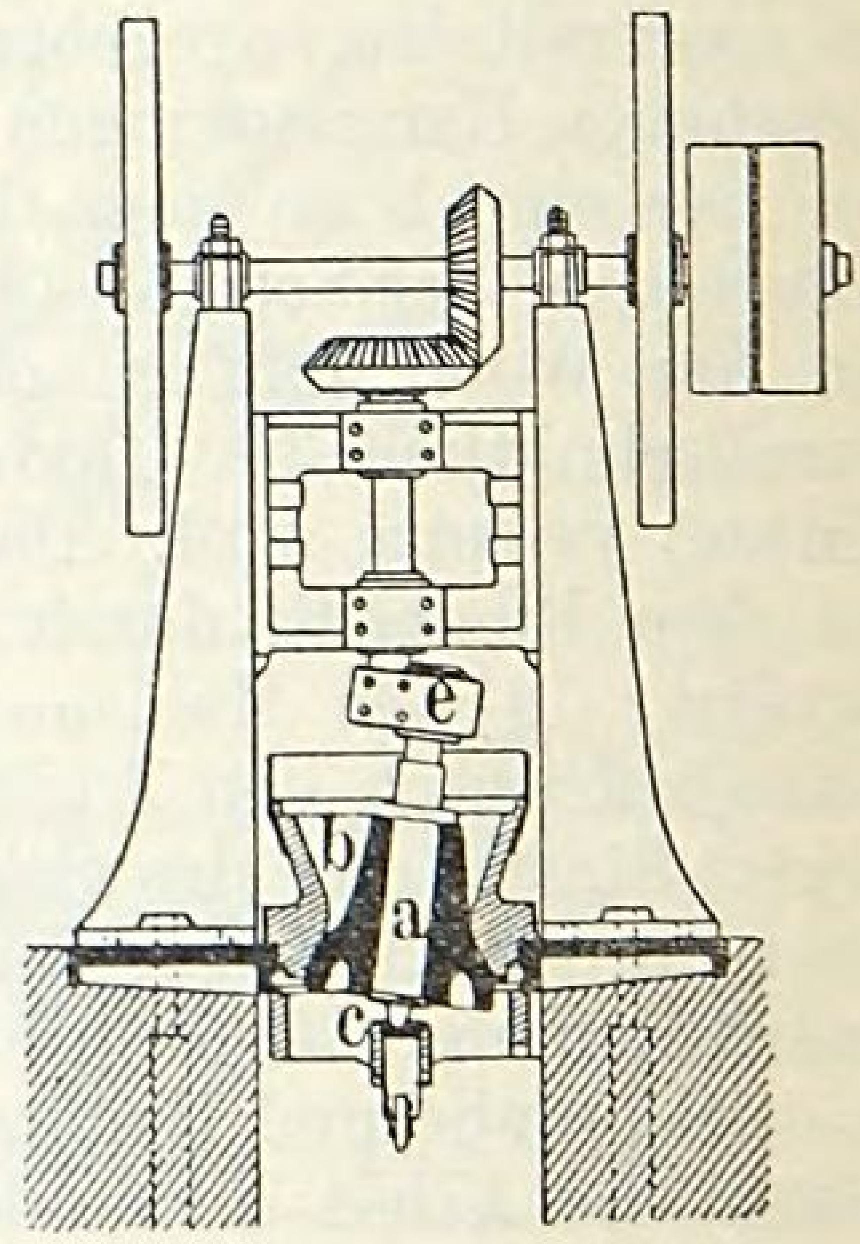


Fig. 836.

VIII. *Raspel- und Hackmaschinen.*

In der industriellen Technik giebt es eine grosse Anzahl von Fällen, in welchen die Aufgabe vorliegt, Körper oder Stoffe in bestimmter Weise zu zerteilen, um entweder Teilstücke von vorgeschriebener Form und Grösse zu erhalten oder sie für besondere Zwecke vorzubereiten und zwar fast stets unter Vermeidung von pulverigen Teilen, weil diese unbenutzt verloren gehen würden. Es sei nur darauf hingewiesen, dass in der Zuckerfabrikation zur Gewinnung des Saftes die Rüben in feine Schnitzel geschnitten werden, dass man zur Stärkegewinnung die Kartoffeln zerreibt, zum Auslaugen die Farbhölzer in feine Späne verwandelt, in der Papierfabrikation das Fasermaterial in feine Fasern auflöst, zur Anfertigung von Wurst die Materialien zerschneidet u. s. w.

Zu dieser Zerteilung bedarf es eigenartiger Maschinen, deren Wirkung entweder auf einem Zerreissen oder Abreissen, einem Zerschieben oder Abschaben, einem Zerschneiden oder Zerhacken beruht und deren Werkzeuge demgemäss zerreissend, schabend oder schneidend arbeiten. Ein Zerreissen im genannten Sinne tritt ein, wenn ein entsprechend geformtes spitziges Werkzeug in das Material eindringt, und das gefasste Stück infolge einer relativen Bewegung abtrennt. Die Werkzeuge sind demgemäss den bekannten Holzraspeln nachgebildet, weshalb für die Maschinenklasse die allgemeine Bezeichnung Raspelmaschinen sehr geeignet ist.

Ein Abschaben wird hervorgebracht, wenn eine Klinge oder Schiene mit genügendem Druck über das Material derart hinweggeführt wird, dass es Teilchen abschert und vor sich herschiebt.

Ein Zerschneiden findet immer statt, wenn ein keilförmiges, somit schneidendes Werkzeug in das Material eindringt und dadurch den Zusammenhang längs des vorbeschriebenen Weges meistenteils unter Bildung sog. Späne aufhebt.

Bei den Raspelmaschinen kommen als Werkzeuge Trommeln zur Verwendung, deren Oberfläche entweder mit dem bekannten Reibblech oder Raspelblech versehen oder dadurch gebildet ist, dass man eine grosse Anzahl von Kreissägen mit kleinen Zwischenräumen auf eine Welle geschoben und befestigt hat. Diese Trommel erhält mittels einer gewöhnlich horizontal, selten vertikal gelagerten Welle Umdrehung, während das Arbeitsmaterial durch einen Rumpf, durch einen schrägen Tisch etc. zugeführt wird. — Da die Raspelbleche und Sägezähne schnell abstumpfen und deshalb sehr häufig erneuert oder geschärft werden müssen, so sind die Raspelmaschinen fast überall von Maschinen mit schneidenden Werkzeugen verdrängt.

Das Verfahren, durch Abschaben eine Zerteilung zu bewirken, ist nur gebräuchlich zur Zerfaserung von Geweben (Lumpen, Hadern) oder Holzstoff in der Papierfabrikation und wird mit den sog. Holländern ausgeführt, in welchen als wesentliches Werkzeug eine mit zahlreichen Schienen (Messern) besetzte Walze sich gegen einige festliegende Schienen (Grundwerk) um eine wagrechte Achse dreht. Indem das Arbeitsmaterial in Wasser schwimmend unausgesetzt zwischen der Walze und dem Grundwerke durchgeht und erstere dem letzteren immer näher gerückt wird, findet eine allmähliche Zerteilung des Materials in die feinsten Fasern statt.

Am brauchbarsten und deshalb für die mannigfaltigsten Zwecke konstruirt sind die spanbildenden Maschinen, bei welchen also schneidende Werkzeuge zur Wirkung kommen. Man kann sie, sofern es sich hier nur darum handelt, Arbeitsmaterialien zu zerteilen und nicht um die Aufgabe, denselben Formen zu geben, wozu die Werkzeugmaschinen bestimmt sind, in zwei Klassen teilen, je nachdem das Werkzeug durch Stoss oder allmählichen Angriff zur Wirkung gebracht wird.

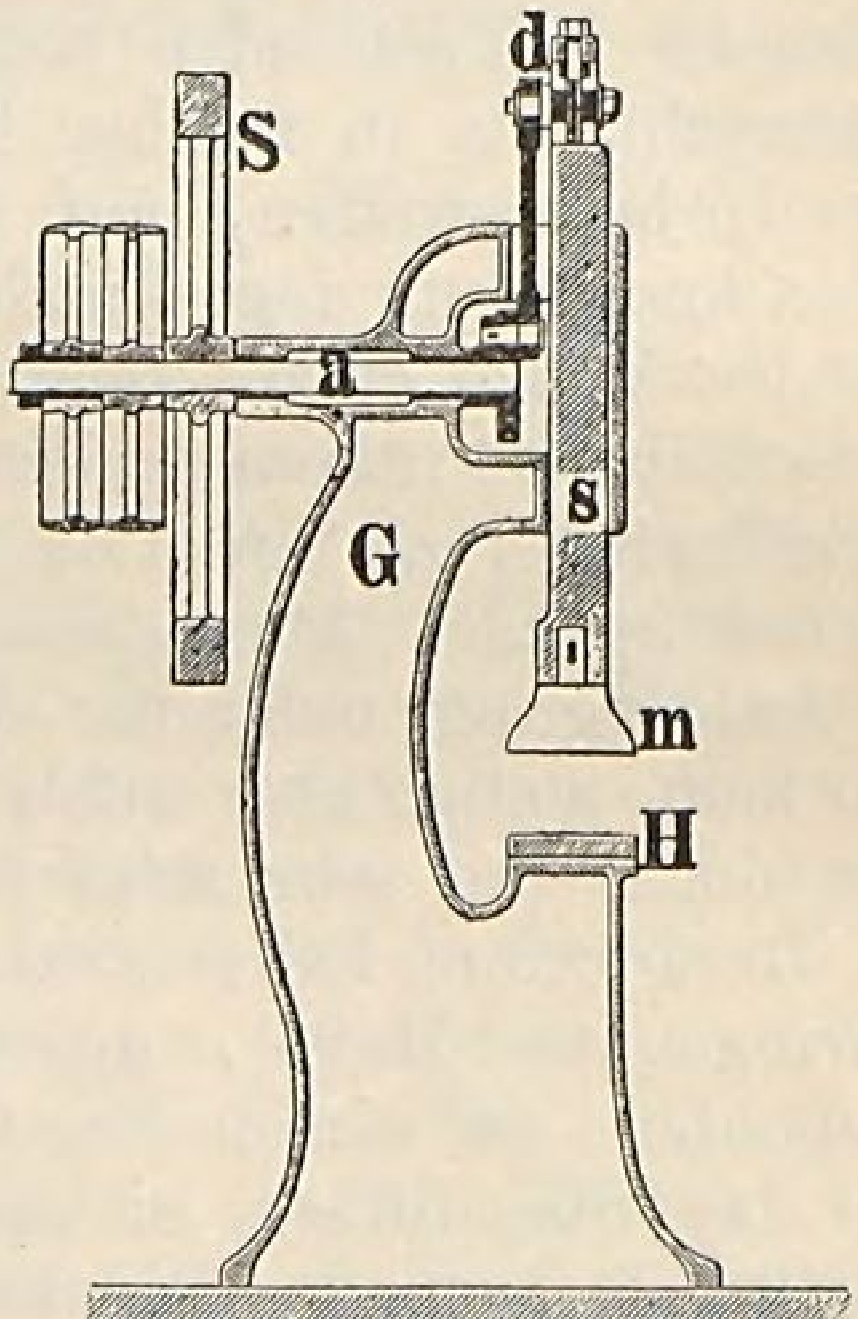


Fig. 837.

Als Vertreter der ersten Klasse können die Hackmaschinen gelten, deren Grundanlage aus der in Fig. 837 gezeichneten Hackmaschine zu ersehen ist, welche insbesondere in dieser einfachen Form zum Spalten von Holz, zum Zerhacken von groben Hadern u. s. w. dient. Das keilförmige Messer m befindet sich an einem Schlitten s, der in dem Gestelle G geführt und von der auf der Welle a sitzenden Kurbel nebst Kurbelstange d auf- und abbewegt wird und das auf den Block H gelegte Material spaltet oder durchschneidet. Der Anschluss der Zugstange d an den Schlitten s erfolgt durch einen Klotz, der an einer Schraube hängt, die durch Drehung mittels eines Schlüssels die Höhenlage des Messers m

über dem Block H bestimmt. Das Schwungrad M gleicht die Bewegung aus. — Mit Bezugnahme auf diese einfache Ausführung sind folgende bemerkenswerte Ausbildungen leicht verständlich. Statt des einfachen Messers verwendet man ein sternförmiges X oder mehrere neben einander z. B. 5 parallele mit einem quergestellten ||||| u. s. w. — Die Bewegung der Messer erfolgt direkt von Kurbeln, deren Welle über dem Messer liegt, und zwar vielfach in der Weise, dass mehrere Messergruppen abwechselnd wie bei einem Stampfwerk (S. 905) in Thätigkeit treten (Fleischhackmaschine). — Ein vielfach eingeführter Antrieb ist der Kniehebel. — An die Stelle des festen Blockes tritt häufig eine ruckweise um eine wagrechte Achse sich drehende Trommel (Hadernhackmaschine) oder ein um eine vertikale Achse sich drehender Klotz oder Teller (Fleischhackmaschine).

Die Maschinen der zweiten Klasse erhalten schneidende Werkzeuge, welche zum Teil durch ihre Form, zum Teil durch die Art ihrer Bewegung geeignet sind, mehr oder weniger allmählich in das Arbeitsstück einzudringen und die Abtrennung einzelner Teile in stetiger oder unterbrochener Weise zu bewirken.

Eine vollständige Stetigkeit tritt nur ein, wenn die Messer die Form runder Scheiben oder Kreissegmente besitzen und eine stetige Drehbewegung erhalten (Kreismesser) oder in schaukelnde, wiegende Bewegung gesetzt werden (Wiegemesser), und die Zufuhrbewegung ununterbrochen vor sich geht. Da zugleich bei diesem Anordnungsprinzip mit grösster Leichtigkeit die Möglichkeit gegeben ist, beliebig viele Messer gleichzeitig zur Wirkung zu bringen, so wird dasselbe unter sonst gleichen Umständen den Vorzug verdienen. Oft kommen dieselben paarweise zur Verwendung, indem sie auf zwei parallelen Wellen sitzen und wie Kreisscheren angreifen, zugleich das Arbeitsmaterial z. B. Papier, Gewebe u. dergl. wie Walzen einziehen und in parallele Streifen zerschneiden.

Am häufigsten sind die Arbeitsmesser konachsial auf der Mantelfläche drehender Walzen oder tangential auf ebenen Flächen drehender Scheiben angebracht, um in rascher Folge an einem Gegenmesser oder einer Unterlage vorbeizustreifen, auf welche das Material geschoben wird. Um bei dieser Anordnung den allmählichen Angriff zu erzielen, verlaufen die Messer auf der Walze etwas schraubenförmig und auf der Scheibe gekrümmt und zwar um einen gleichen Angriffswinkel zu erhalten nach einer logarithmischen Spirale. Auch diese Anordnung gestattet die Anbringung mehrerer Messer und gewährt zwar keine stetige aber infolge der raschen Schnittfolge doch eine sehr schnelle Wirkung.

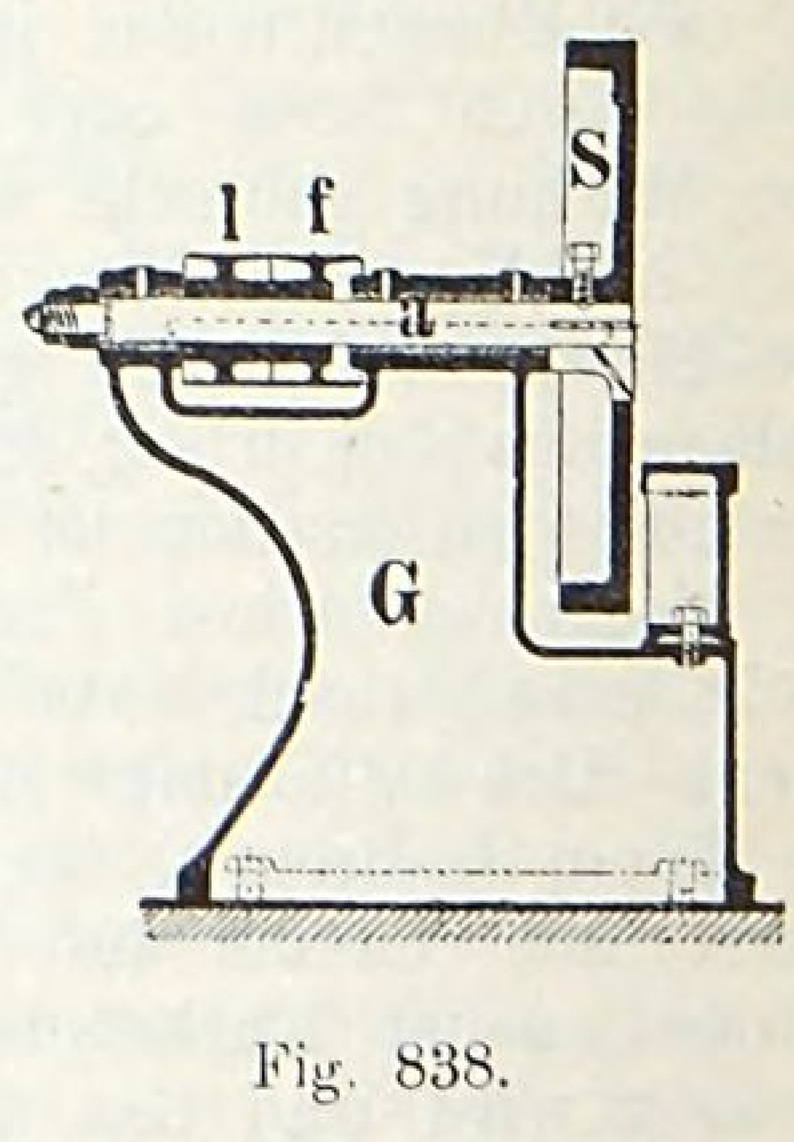


Fig. 838.

In einzelnen Fällen sitzt ein Messer an einem schwingenden Hebel, durch dessen Bewegung es ebenfalls an einem Gegenmesser vorbeistreift und das über dieses hinausgeschobene Material zerteilt (Häcksellade, Tabakslade u. dergl.). Hierher gehören auch diejenigen Schneidemaschinen, bei welchen die Messer frei radial auf einer drehbaren Welle oder wie Speichen an einem Rade angebracht und durch Drehung in Thätigkeit gesetzt werden. Sie bilden den Übergang zu den oben genannten Scheiben mit radialen Messern.

Die Skizze Fig. 838 lässt eine Schneidemaschine erkennen, welche z. B. zum Schälen von abgesägten Holzstämmen und zum Zerteilen derselben in dünne Scheiben für den Zweck der Holzstofferzeugung dient. In dem Hohlgussgestelle G ist eine mit Losscheibe l und Festscheibe f versehene Achse a gelagert, die eine Scheibe S mit 4 radial gestellten Messern trägt, denen das Arbeitsstück auf einem Bock zugerollt oder zugeschoben wird — Giebt man den Messern die Form eines Zickzacks, so entstehen Späne, in welche u. A. die Farbhölzer zerteilt werden.

Zweites Kapitel.

Maschinen zur Absonderung.

Eine Absonderung, welche gleichbedeutend ist mit einer Trennung verschiedener Körper sowohl von gleichem als nicht gleichem Material, kann eine solche Trennung hervorrufen nach Verschiedenheit der Grösse, der Gestalt, des Gewichtes, der Dichte und des Aggregatzustandes der zu trennenden Körper oder Stoffe und bedingt demgemäss ebenso verschiedene Methoden als mechanische Vorrichtungen beziehungsweise Maschinen zu ihrer Durchführung.

Die Sonderung von Körpern unter Benutzung der verschiedenen Gestalt findet fast nur Anwendung zur Abtrennung kugeliger Gestalten, indem man die Sammelkörper (Getreide mit kugeligem Gesäme) auf schräge Flächen bringt, an welchen dann die kugeligen herunterrollen, während die anderen liegen bleiben, oder indem man die Sammelkörper in eine Trommel bringt, deren Inneres derart beschaffen ist, z. B. mit kleinen Vertiefungen, dass bei der Drehung derselben nur bestimmt geformte Teile von diesen Vertiefungen mitgenommen werden und aus einer bestimmten Höhe in eine in der Trommel schwebende Mulde fallen (Trieur).

I. Siebmaschinen.

Die Trennung von Körpern, die von verschiedener Grösse sind und ein Gemenge bilden, erfolgt in ausgiebigster Weise dadurch, dass alle abzuscheidenden gezwungen werden, Löcher in plattenförmigen Körpern zu passiren, welche derart bemessen sind, dass die gröberen Teile zurückgehalten werden. Diejenigen Werkzeuge, welche in genannter Weise zur Absonderung dienen, nennt man Siebe, das durchgegangene Material Durchfall, das zurückgehaltene Rückhalt, das Verfahren selbst Sieben, Absieben, Sichten. Da beim Sieben naturgemäss das Siebgut nur in zwei durch die Sieblöchergrösse geschiedene Gruppen abgesondert werden kann, so bedarf es stets einer oft vielfachen Wiederholung desselben durch verschieden grosse Löcher, wenn die Absicht besteht Körper von möglichst gleicher Grösse abzusondern, weshalb die Siebe in einer grösseren Anzahl von Abstufungen ihrer Lochgrössen (Feinheit) zur Verfügung stehen müssen. — Die Siebe selbst werden in einzelnen Fällen aus gelochten Blechplatten (Eisen-, Kupfer-, Messing-, Zinkplatten), vorwiegend aus Metalldraht (Messing, Eisen), Garn oder Pferdehaargeweben hergestellt, wobei die Blechsiebe in der Regel runde, die Gewebesiebe qua-

dratische Löcher (Maschen) erhalten und nur für bestimmte Fälle andere, namentlich längliche Löcher, z. B. zum Absieben faseriger Stoffe von länglicher Form, gewählt werden. Die Angabe der Maschengrösse erfolgt durch Nummern, d. h. durch Zahlen, welche angeben, wie viel Drähte oder Fäden auf eine Längeneinheit kommen.

Um die zum Durchfallen geeigneten Teile über die Siebmaschen zu bringen, genügt es, dieselben über die Siebe hinzubewegen, zu welchem Zwecke man entweder das Siebgut durch eigenes Gewicht über die genügend schräg aufgestellten Siebe wegfallen lässt, wie bei dem bekannten Wurfsiebe, oder dem Siebe eine entsprechende Bewegung erteilt oder beides vereinigt. In der Regel pflegt man dem Siebe die Bewegung, aber auch eine solche Neigung zu geben, dass das Siebgut sich infolge des eigenen Gewichtes längs der Siebfläche bewegt, um unausgesetzt die Lage zu verändern und zuletzt an der tiefer liegenden Stelle das Sieb zu verlassen, wodurch zugleich die oberen Siebmaschen zur Aufnahme frischen Siebgutes frei werden und eine ununterbrochene Wirkung zu ermöglichen ist.

Bezüglich der gebräuchlichen Form unterscheidet man ebene Siebe (Rahmensiebe, Plansiebe) oder Trommelsiebe von cylindrischer, prismatischer, kegel- oder pyramidenförmiger Gestalt. Bei den ersten erfolgt die Bewegung der Siebe in der Siebebene durch Schütteln, bei den letzteren durch Drehung um ihre geometrische Achse (Schüttelsiebe, Drehsiebe).

Ein einfaches Plansieb zeigt Fig. 839. Das Sieb A ist etwa um 20° geneigt an federnden Stangen f, f aufgehängt und mit einem Anschlag a versehen, gegen den ein Schlagrädchen s wirkt, um dem Siebe eine rüttelnde Bewegung zu erteilen, infolgedessen das durch einen Rumpf zugeführte Siebgut über das Sieb hinweghüpft. Der Durchfall gelangt in den Sammelkasten D, der Rückhalt über den Teller t hinweg in ein Gefäss F. Um dieses zur Teilung des Siebgutes nach mehreren Grössenabstufungen geeignet zu machen, kann man Siebe von verschiedener Feinheit in demselben Rahmen anbringen und zwar selbstverständlich in der Weise, dass das feinste Sieb oben, das gröbste unten zu liegen kommt. Der hierbei auftretende Nachteil, dass die feinsten Siebe das ganze Gut aufnehmen und sich schnell abnutzen müssen, ist auf einfachste Weise durch ein System mehrerer Siebe zu beseitigen, welche in umgekehrter Reihenfolge angebracht sind, so dass erst die gröbsten und zuletzt die feinsten zur Wirkung kommen, indem der Durchfall des ersten Siebes auf das zweite Sieb u. s. w., d. h. der Durchfall des einen Siebes auf das nächstfolgende gelangt und die Rückhalte der einzelnen Siebe für sich abgeführt werden, nach dem Schema Fig. 840, in welchem 4 Siebe A, B, C, D derart übereinander liegen, dass der Durchfall des einen von dem darunter liegenden Blindboden aufgefangen und dem nächstfolgenden zugeführt wird und die Rückhalte 1, 2, 3, 4 mit dem letzten aus E auslaufenden Durchfall 5 Ab-

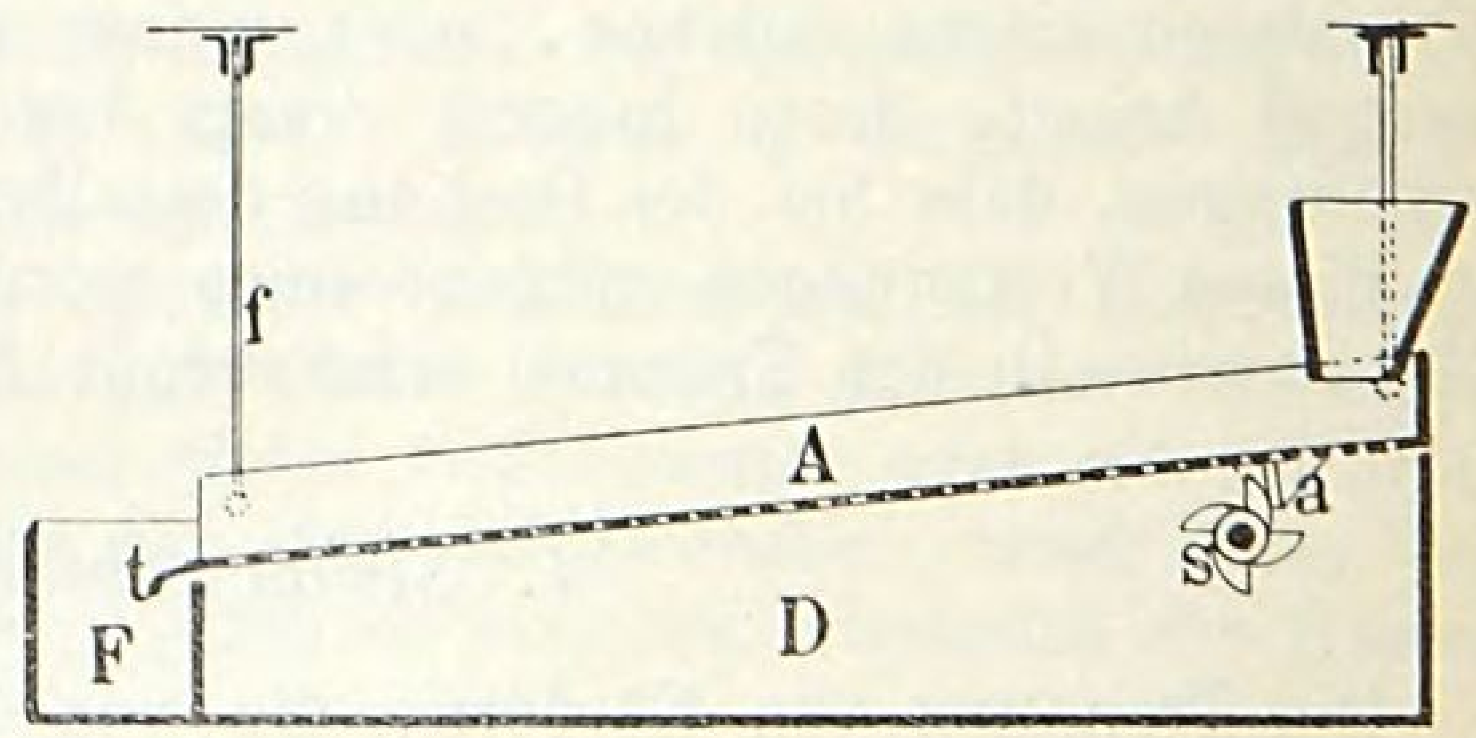


Fig. 839.

stufungen abgeben. Bezüglich der Ausführung ist nur zu bemerken, dass die Siebe entweder in einem geschlossenen Kasten liegen, der schwingend aufgehängt ist und mittels Exzenter geschüttelt wird, oder frei übereinander hängen und einzeln ebenfalls durch Exzenter Schüttelung erhalten.

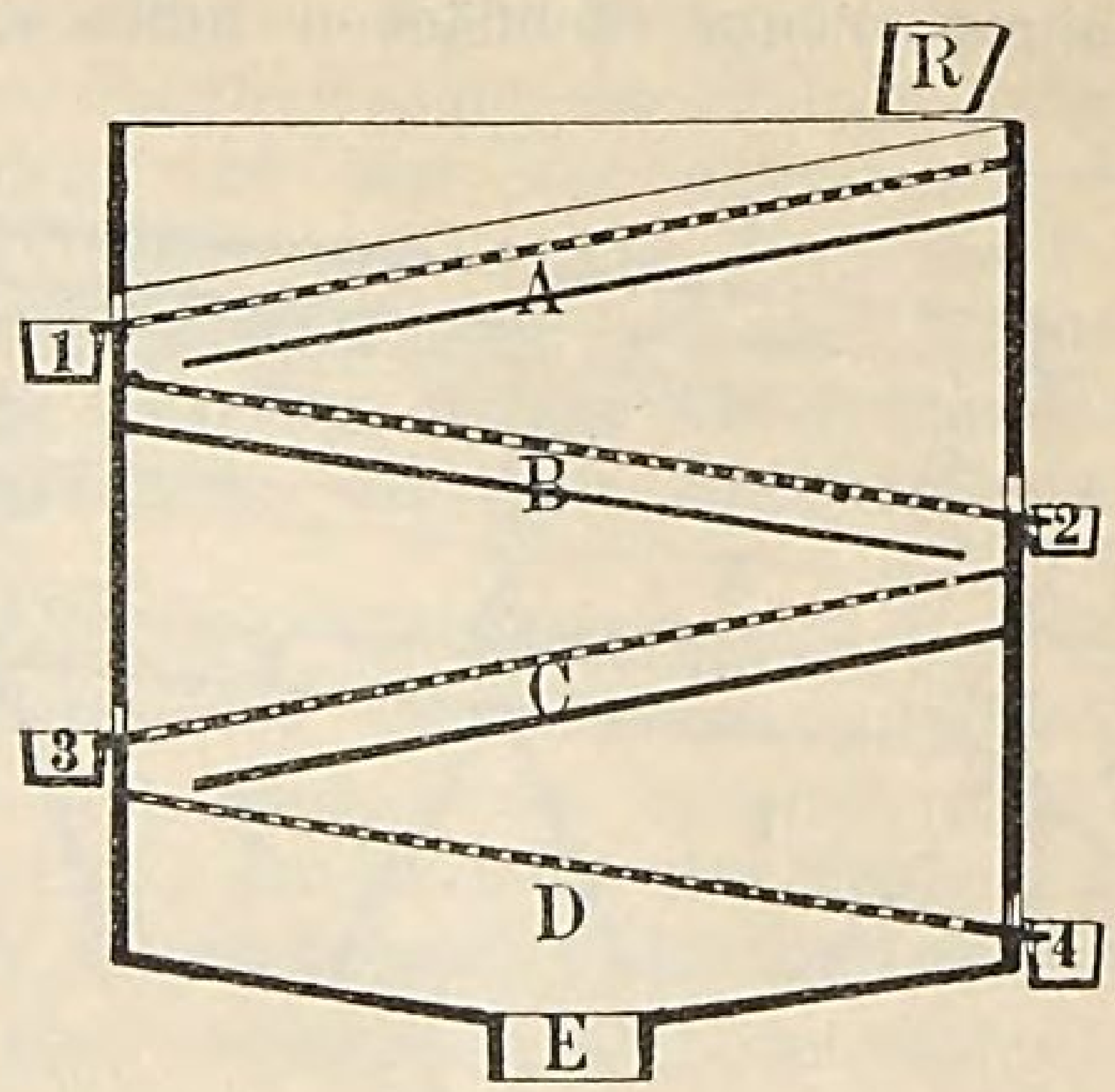


Fig. 840.

Statt der einfachen Schüttelung durch ein Exzenter oder eine Kurbel hat man neuerdings eine Bewegung eingeführt, durch welche erzielt wird, dass jeder Punkt des Siebrahmens eine Kreisbahn beschreibt. Zu dem Zwecke hängt der Siebrahmen A A (Fig. 841) an 4 Stangen s, welche durch Kugelgelenke mit der Decke und dem Rahmen A verbunden sind und dadurch die Möglichkeit gewähren, nach allen Richtungen, also auch in Kegelflächen zu pendeln. Zur Erzeugung dieser Bewegung dient der an dem Schwungrad S exzentrisch sitzende Zapfen e, der von der Riemenscheibe J in Drehung versetzt wird, und diese durch das Lager dem Rahmen mitteilt. Findet diese Bewegung mit genügender Geschwindigkeit statt, so können die auf dem Siebe liegenden Teile nicht folgen. Infolgedessen entsteht eine Relativbewegung zwischen dem Siebe und dem Siebgut, welche das Absieben bewirkt. Eine Unterstützung findet das Sieben auf diesem Plansichter (Haggenmacher) von sog. Wurf- und Verteilungsleisten a und b (Fig. 841), welche in regelmässigen Abständen auf der Sieboberfläche angebracht sind. Diese Leisten fördern das bei E einfallende Material in zwei parallelen Strömen mit unausgesetzten kleinen Erschütterungen in der Pfeilrichtung über das Sieb, so dass der Rückhalt bei C, C das letztere verlässt und die Wirkung des Siebes eine ununterbrochene wird. — Während die vorstehend beschriebene Maschine vorwiegend in der Mehlfabrikation zum Absichten der Schrote, Griese und Mehle bestimmt ist, kommen ähnliche Siebmaschinen unter dem Namen Kreiselrätter für die Sichtung der Erze und Kohlen bei den Aufbereitungsarbeiten vor.

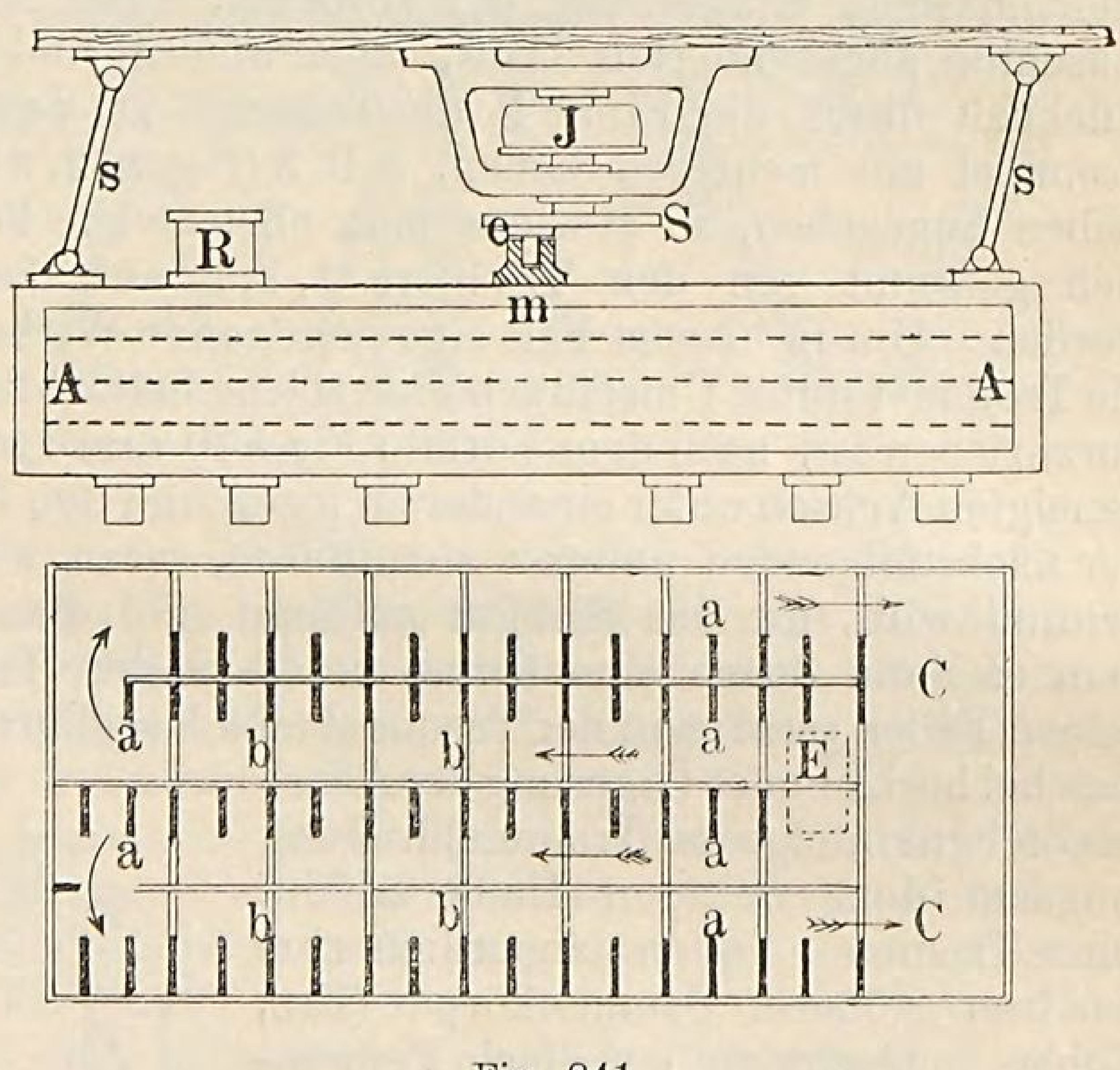


Fig. 841.

Die Grundanlage der Trommelsiebe geht aus Fig. 842 hervor. Eine Achse x, x trägt in passenden Abständen Armsterne a, a, welche zur Aufnahme ebener Siebflächen Stäbe s, s aufnehmen, zwischen welchen Siebrahmen befestigt sind, oder zur Bildung cylindrischer Siebe runde Ringe tragen, um welche das Siebgewebe gespannt wird. Die Lagerung dieser Achse in den Lagern l, l erfolgt in der Weise geneigt (3 bis 5°), dass das an dem oberen Ende durch den Rumpf A einfallende Material während der gleichmäsigen Umdrehung der Trommel, unter Abgabe der durch die Siebmaschine abgesonderten Teile, dem untern Ende zuläuft, um zuletzt als Rückhalt durch die Rinne B die Trommel zu verlassen. — Bezieht man die Trommel mit mehreren Sieben, z. B. 3 (Fig. 842, 843, 844) wie bei den Plansieben angegeben, so gewinnt man ebensoviele Feinheitsklassen, welche für sich getrennt von den Trichtern 1, 2, 3 aufgefangen und weiter gefördert werden. Um in diesem Fall eine genügende Wirkung hervorzubringen, muss die Trommel unter Umständen eine solche beträchtliche Länge erhalten, dass es vorzuziehen ist, nach dem Vorbild Fig. 840 drei Trommeln mit entgegengesetzt geneigten Achsen unter einander zu legen und den Durchfall der einen Trommel der nächstfolgenden unteren zuzuführen, wozu vielfach eine Förderschnecke benutzt wird, die das Siebgut auffängt und dem Trichterende zuführt, aus dem es dann durch eine Rinne in die andere Trommel gelangt. — In einzelnen Fällen giebt man der Trommel eine Kegelform mit solchem Kegelwinkel, dass bei horizontaler Lagerung der Achse das Siebgut infolge der Trommeldrehung langsam dem weiteren Ende zufällt. Diese Trommeln finden namentlich zum Sortiren gröberer Sammelkörper (Erz, Kohle, Schlacke etc.) vielfach Verwendung und zwar oft in unmittelbarem Anschluss an Maulbrecher, Brechwalzen etc., so dass die Bruchstücke direkt in die Trommel fallen. Letztere wird dann der grössten Widerstandsfähigkeit halber aus gelochtem Eisenblech hergestellt (Fig. 843) und auf einem einfachen Gestelle gelagert. Bei Anwendung mehrerer Siebtrommeln pflegt man sie leiterartig über-

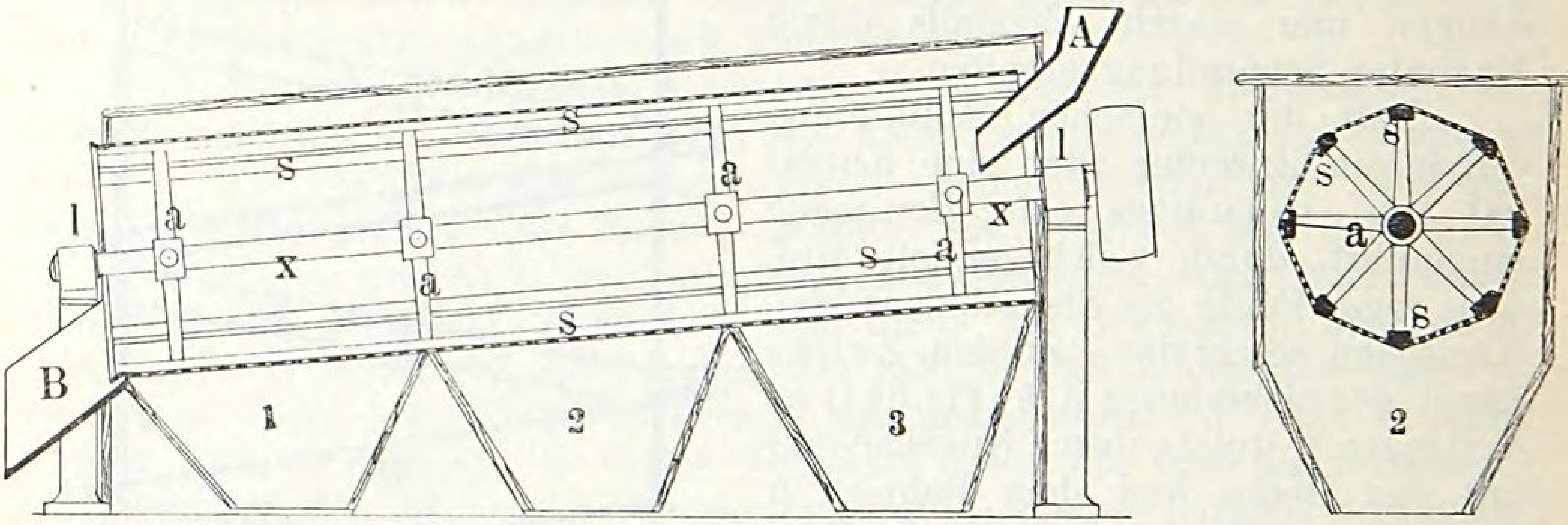


Fig. 842.

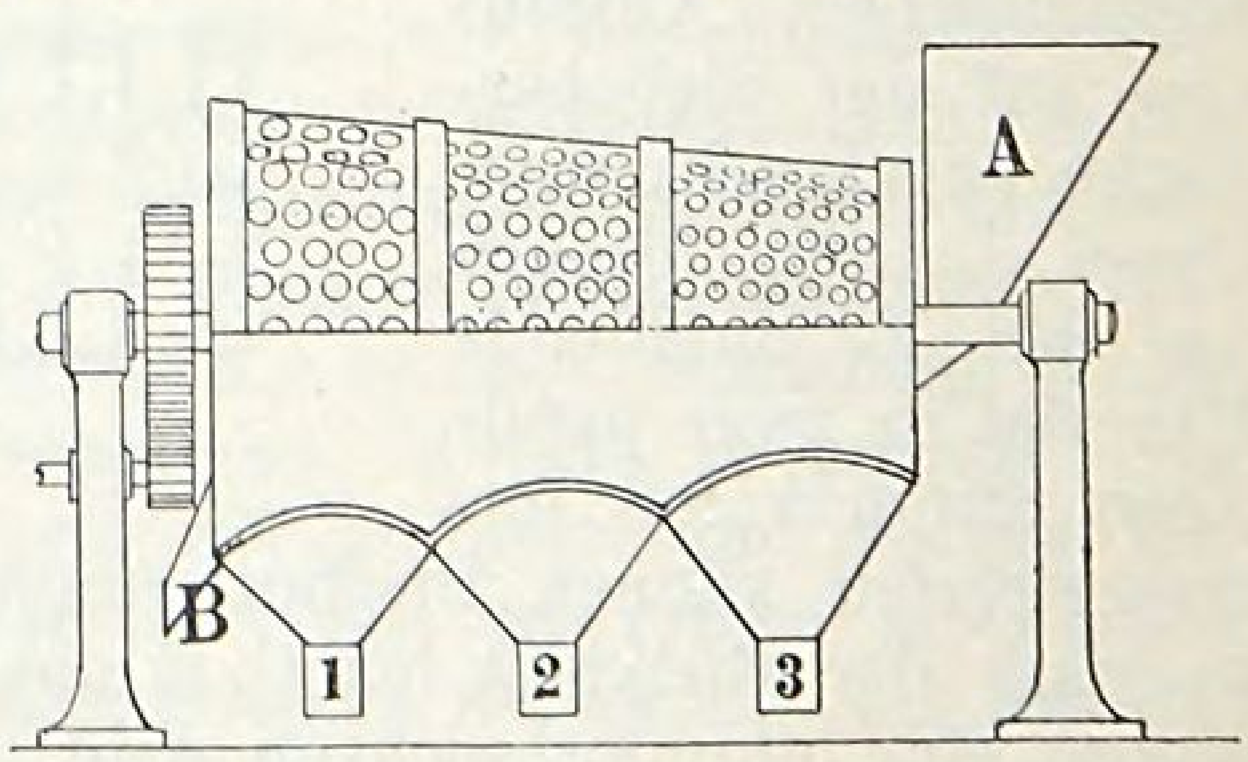


Fig. 843.

einander anzulegen und von einer daneben laufenden Welle mittels Kegelräder anzutreiben.

Die Trommelsiebe bieten im Allgemeinen dem Siebgut nur eine geringe Durchgangsfläche dar, indem ihre Drehbewegung das Siebgut zwingt, stets in den unteren Teil zurückzufallen und hier nur einen schmalen Streifen des Siebes zu bedecken. Um den durch grosse Einfachheit im Bau und Betrieb ausgezeichneten Trommelsieben eine grössere Wirkung zu verschaffen, sind daher Einrichtungen getroffen, welche darauf hinzielen, die möglichst grösste Siebfläche zu gewinnen. Zu dem Zwecke benutzt man Bürsten, Flügel und Luftwellen.

Im ersten Fall dreht sich innerhalb des cylindrischen Siebes eine achsial gelagerte Welle, welche auf Radsternen eine Anzahl, gewöhnlich acht, Latten trägt, die mit scharfen Bürsten, gespaltenem spanischem Rohr, Piassavafasern u dergl. besetzt sind und bei der Drehung das Siebgut mitnehmen und dessen feinere Teile durch die Siebmaschen hindurchdrücken.

Im zweiten Fall dreht sich (Fig. 844) von i angetrieben mit bedeutender Geschwindigkeit (500 bis 600 mal in der Minute) innerhalb des langsam (etwa 30 mal in der Minute) von g aus rotierenden Trommelsiebes a ein System

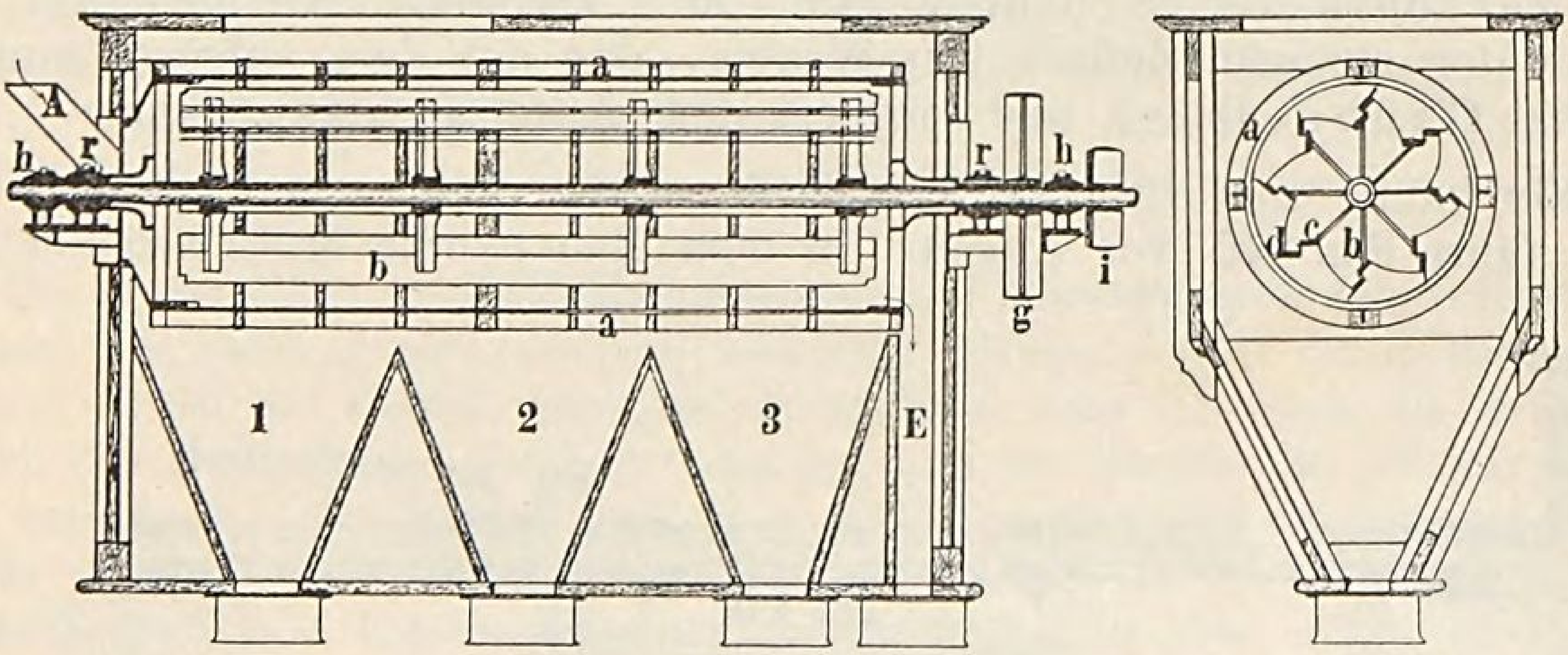


Fig. 844.

von Flügeln b beziehungsweise d, c, das durch Radsterne mit der Achse h, h verbunden ist, und dessen Flügel derart gestellt sind, dass sie das in der Mitte bei A eingeführte Siebgut auffangen und mit grosser Gewalt gegen das Sieb schleudern (Zentrifugalsiebmaschine).

Zur Erzeugung von Luftwellen dreht sich innerhalb des Siebcylinders mit 1000 bis 1200 Umdrehungen ein eigentümlich geformter Flügel, der an einer Stelle Luft durch die Siebmaschen saugt, um sie an einer anderen Stelle durch dieselben wieder nach aussen zu treiben, wodurch im Innern der Trommeln lebhafte Wellen entstehen, welche die Siebarbeit wesentlich fördern (Winkler).

Eine besondere Abart der Trommelsiebe wird dadurch gewonnen, dass man ein langes Sieb wie ein endloses Band um zwei horizontale Walzen spannt, durch Drehung der letzteren in unausgesetzter Bewegung erhält und zugleich durch Exzenter in horizontaler Ebene schüttelt. Da bei dieser Einrichtung eine bedeutende Entfernung der Leitwalzen gewählt werden kann, so ist die Möglichkeit gegeben, ausserordentlich grosse, stetig wirkende Siebflächen herzustellen.

II. Schlämmmaschinen, Setzmaschinen, Staubfänger.

Ein eigenartiges Verfahren, Körper verschiedener Grösse zu trennen, ist das sog. Schlämmen. Man bezeichnet damit ein Sondern, welches dadurch ausgeführt wird, dass man die Sammelkörper in Wasser zu einem dünnen Brei anrührt und letzteren, nachdem sich die grossen Teile zu Boden gesetzt haben, in ein anderes Gefäss übergiesst, um hier die kleineren Teile sich nun ebenfalls absetzen zu lassen. Da man selbstverständlich mit der abgegossenen Masse wieder so verfahren kann, wie mit der ersten, so erweist sich das Schlämmen als ein in vielen Fällen sehr brauchbares Mittel, um gewisse Körper (Thon, Lenzin, Schmirgel, Schleifpulver u. s. w.) auf nassem Wege nach einer beliebigen Feinheitsskala abzusondern oder zu sortiren. Der Vorgang beruht auf der Erscheinung, dass Körper von gleicher Beschaffenheit und grösserem spezifischem Gewicht als die umgebende Flüssigkeit, um so länger in letzterer schwebend erhalten bleiben, je kleiner sie sind. Die zum Schlämmen dienenden Maschinen bezwecken zunächst nur die Verteilung des Schlämmgutes in Wasser und gehören demgemäss streng genommen zu den Mischmaschinen. Sie wirken entweder in der Weise, dass sie das Material zerrühren (Rührwerke) oder zerschlagen (Schlagwerke) oder zerreiben (Reibwerke) und zwar unter stetigem Zufluss von Wasser, das mit dem aufgeschlämmten Material (Trübe) abläuft und letzteres dem Absetzapparat zuführt.

Ein häufig und für sehr verschiedene Materialien verwendetes Rührwerk führt Fig. 845 vor Augen. In dem Mauerwerke M, M befindet sich

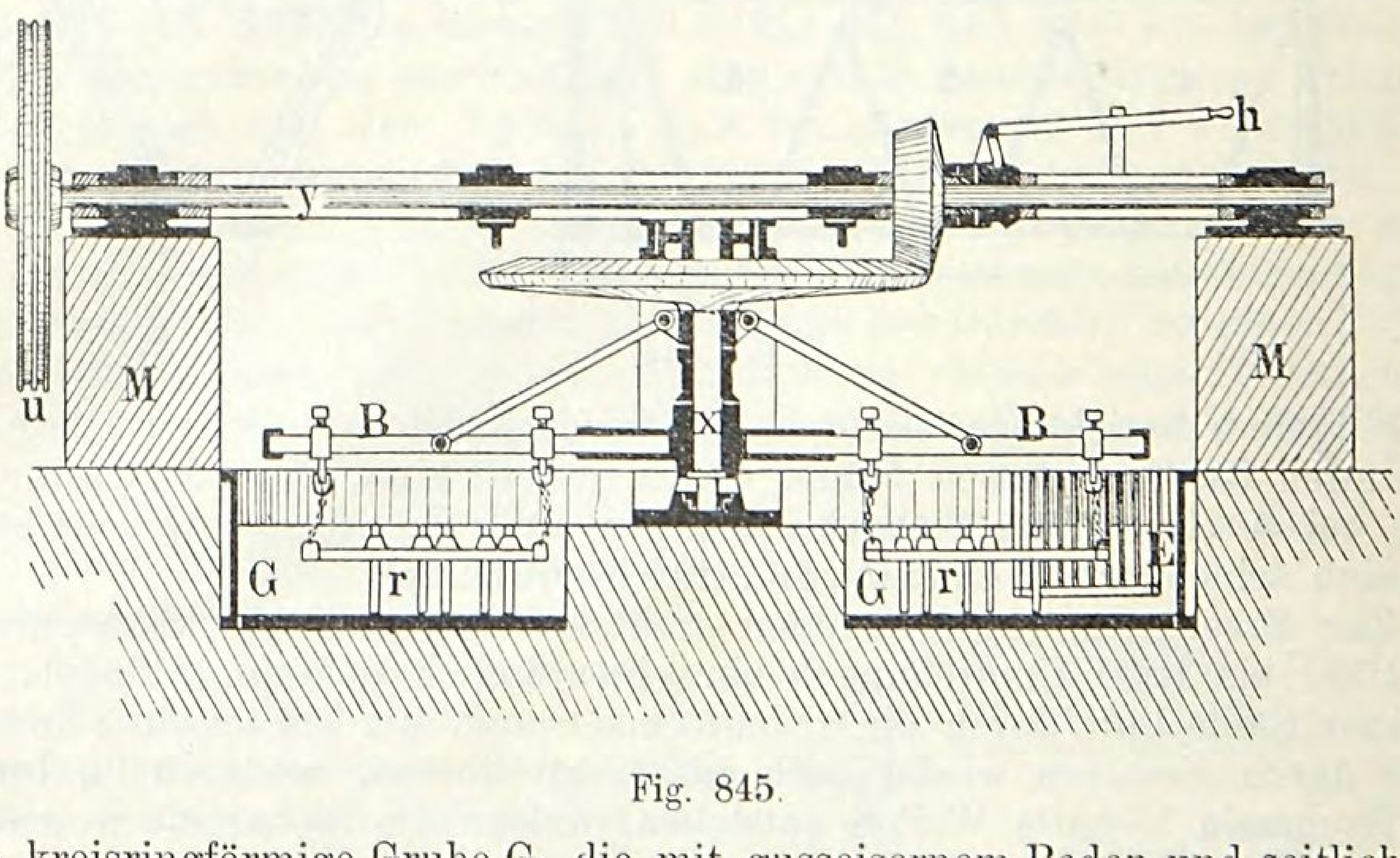


Fig. 845.

eine kreisringförmige Grube G, die mit gusseisernem Boden und seitlich mit gusseisernen Platten ausgelegt ist. Über derselben schwebt ein Balken B, B, der von einem mit der vertikalen Achse x verbundenen Körper getragen und mit diesem von der Schnurscheibe u auf der Welle y durch Kegelradvorgelege in Umdrehung versetzt wird. An diesem Balken hängen mittels Ketten die Rührstäbe r, r, welche durch die in der Grube G befindliche Masse hindurch geschleppt werden und dadurch das Aufrühren bewirken. Die genügend zerteilte Masse gelangt durch das enge Gitter E

zu den Absetzkästen. In einer Ausführung für nasse Zement-Aufbereitung hat die Grube 5 *m* Durchmesser und 0,8 *m* Tiefe und macht der Balken 12 Umdrehungen in der Minute.

Als Schlagwerk benutzte man früher sehr oft eine um ihre horizontal gelegte Achse in Drehung versetzte Tonne, welche inwendig mit Rippen ausgestattet war, an welchen das Material sich abstiess, während an einer Seite in der Achsennähe Wasser zuströmte und an entgegengesetzter Seite die Trübe ablief. Einfacher und darum gebräuchlicher ist die umgekehrte Einrichtung, welche in einer horizontal gelagerten Welle mit vier Flügeln besteht, die sich in einem halbcylindrischen Troge aus Holz, Eisen, Zement etc. dreht und den Inhalt durch Zerschlagen unter Wasserzulauf zerteilt.

Die zweckmässigste Schlämmaschine, die zugleich am einfachsten einen stetigen Betrieb zulässt und durch Abreiben zur Wirkung gelangt, ist der Hauptsache nach aus einer Drehtrommel gebildet, die einen Grundkörper aus Eisenstäben oder Ringen hat, welcher mit einem Drahtsieb überzogen ist. Als Achse dieser Trommel dient ein mit feinen Löchern versehenes Rohr, das mit einer Wasserleitung in Verbindung steht, so dass Wasser unter Druck und fein verteilt auf den Inhalt der Tonne fliesst, die sich, um etwa 2 bis 3° gegen die Horizontale geneigt, 15 bis 20 mal in der Minute in einem grösseren Troge oder Behälter dreht. Das Material wird an der höher gelegenen Stelle eingebracht, von den Trommelstäben angerieben und durch das Sieb in den Behälter gespült, von wo es in die Absatzgefässe fliesst.

Die unmittelbar an die Schlämmaschinen sich anschliessenden Schlämmkasten, Schlämmgruben oder Schlämmrinnen, welche die Bestimmung haben, die in der Trübe schwimmenden Teile zum Absetzen zu bringen, werden aus Holz, Stein- und Zementmauerwerk etc. hergestellt, oft terrassenartig aneinander gereiht und mit einer Neigung versehen, welche geeignet ist der durchfliessenden Masse eine Geschwindigkeit zu erteilen, welche der Beschaffenheit des Schlämmaterials entspricht. Um das Absetzen durch Geschwindigkeitsabnahme zu unterstützen, erhalten die Schlämmkasten vielfach die Form eines Trapezes, an dessen Schmalseite die Trübe einfliesst, um durch allmähliche Querschnittsvergrösserung in langsameres Fliessen zu geraten.

Die Thatsache, auf welcher das Schlämmen beruht und die darin besteht, dass grössere Stücke gleicher Körper schneller zu Boden sinken als kleinere, findet ihre Erklärung in dem Gesetze, dass die Fallgeschwindigkeit auch von dem Gewichte des Fallkörpers abhängt, indem ein grösseres Gewicht die entgegenstehenden Widerstände leichter überwindet als ein kleineres. Körper von gleichem Material und gleicher Grösse fallen daher mit gleicher Geschwindigkeit: sie sind gleichfällig.

Besitzen dahingegen Körper von gleicher Grösse ungleiche Dichte, d. h. verschiedenes spezifisches oder Eigengewicht, so werden diejenigen von grösserem Eigengewicht schneller zu Boden sinken als diejenigen mit kleinerem Eigengewicht. Mithin liegt in diesem Verhalten ein Mittel, feste Körper von gleicher Grösse und aber ungleichem Eigengewicht ebenfalls dadurch zu sondern, dass man sie in einer Flüssigkeit verteilt und dann zum Absetzen bringt, wobei die Körper sich nach ihrer Dichte übereinander schichten. — Naturgemäss kann unter Umständen die Grösse

eines Körpers die grössere Dichte eines anderen ausgleichen, d. h. ein grösserer Körper von geringerem Eigengewicht kann gleichfällig sein mit einem kleineren Körper von grösserem Eigengewicht.

Da es demnach möglich ist, durch ein Mittel zwei Zwecke zu erreichen, die in zahlreichen Fällen, namentlich im Hüttenwesen, zur Absonderung von Erzen und Mineralien nach ihrem verschiedenen Werte neben einander hergehen, so findet dieses Mittel hier ausgedehnte Verwendung unter dem Namen Klassiren, wenn die Abscheidung nach der Grösse und unter dem Namen Sortiren, wenn die Abscheidung nach der Dichte oder nach dem Stoffe erfolgen soll, wobei von Fall zu Fall zu entscheiden ist, welche Operation zuerst vorgenommen werden muss.

Das Wesen des Verfahrens, gleich grosse Körper nach der Dichte zu trennen, besteht darin, dass man das Material durch einen Wasserstrom in Bewegung setzt, dessen Stromstärke derart bemessen wird, dass die gleichfälligen Stücke sich gleichzeitig absetzen. Die zur Durchführung dieses Verfahrens in Anwendung stehenden Maschinen wirken entweder mit einem vertikalen oder einem horizontalen Wasserstrom, wonach man Setzmaschinen und Herde unterscheidet.

Die Setzmaschinen arbeiten in der Weise, dass sie durch das Material, welches sich zu dem Zwecke auf einem horizontalen Siebe befindet, von unten nach oben einen Wasserstrom führen, der kräftig genug ist, dasselbe mitzunehmen, dadurch aufzulockern und zu zerteilen, so dass es sich beim Niedersetzen (daher der Name Siebsetzen) in Schichten nach dem spez. Gewichte, also das schwerste unten, das leichteste oben lagert. Die früher übliche Art, die Bewegung dadurch hervorzubringen, dass man das mit Material beladene Sieb in einem das letztere umgebenden Behälter wiederholt kräftig niederstiess, ist durch die jetzt allgemein eingeführte Methode, bei welcher mittels eines Stosskolbens Wasser durch das festliegende Sieb gestossen wird, fast vollständig verdrängt. Die allgemeine Anordnung einer solchen sog. hydraulischen Setzmaschine zeigt Fig. 846. In einem U-förmigen mit Wasser angefüllten Gefässe G befindet sich bei a ein festes Sieb zur Aufnahme des Materials und bei c ein Kolben, beide von quadratischer Grundfläche. Der Kolben erhält seine Bewegung von der durch die Transmission angetriebenen Scheibe s mittels eines Zapfens z und Gelenkes e und überträgt dieselbe dem Wasser, das dadurch stossweise durch das Sieb dringt und die gewünschte Wirkung hervorbringt. In der Regel werden 4 bis 5 Setzmaschinen neben einander aufgestellt, um die in der einen Maschine erfolgte Sonderung in der nächsten fortzusetzen. Dann ist die Einrichtung getroffen, dass durch die Austragevorrichtung u die schwersten Teile direkt und durch einen Seitenschlitz i der Rest in die nächste Maschine ausscheidet u. s. w., so dass jede Maschine eine Sorte abliefert. Die unvermeidlich durch das Sieb fallenden und im unteren Teile des Gefässes sich ansammelnden Körper werden nach Bedürfnis durch Öffnen des Ventils v weggespült.

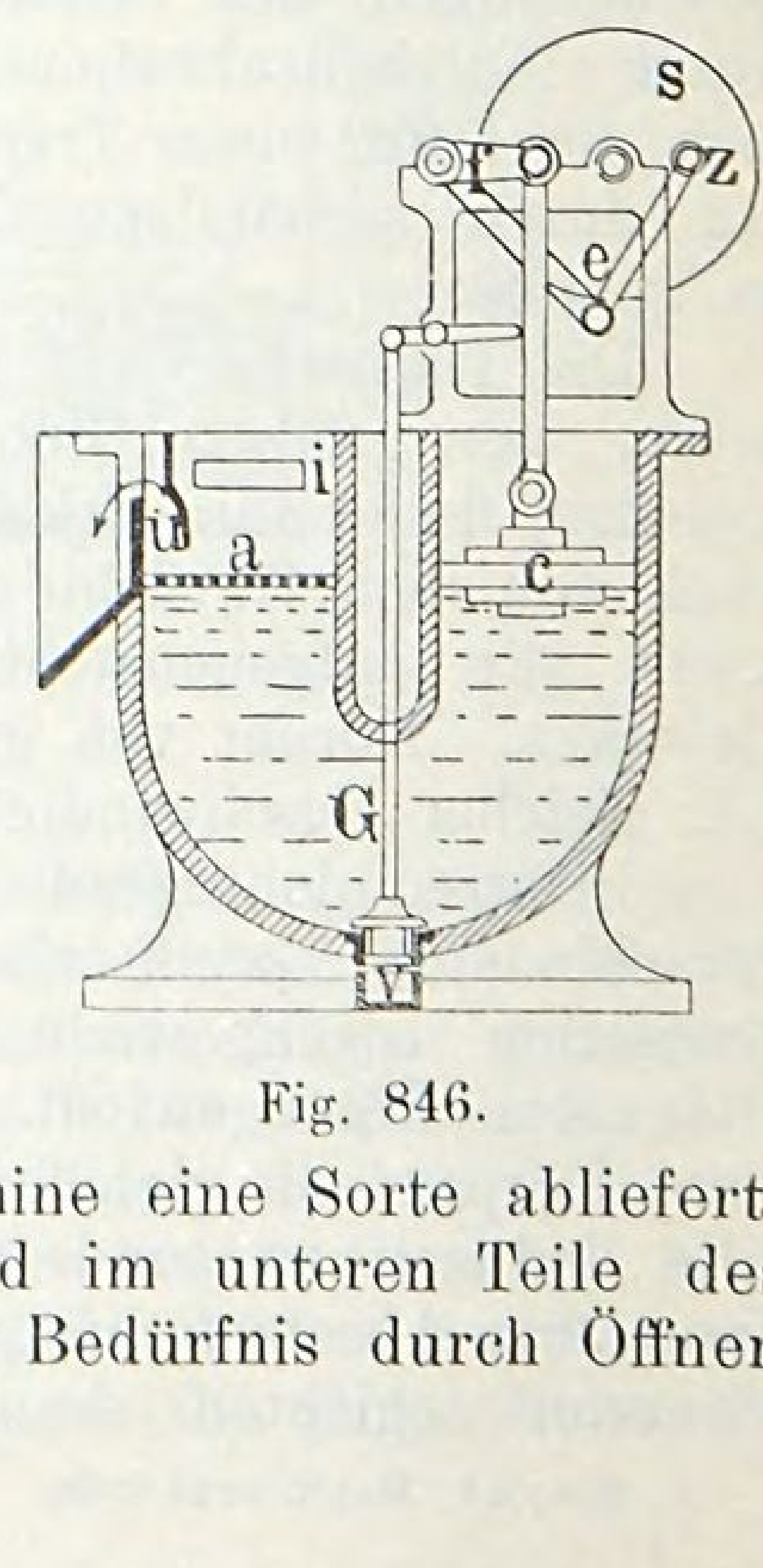


Fig. 846.

Unter Herden versteht man Platten von rechteckiger ebener Form, in der Längenrichtung etwas geneigt aufgehängt, oder von der Form eines sehr flachen Trichters beziehungsweise eines sehr flachen Kegels mit der Spitze nach oben (Rundherd). Indem nun das Gut diesen Herden an den höchsten Stellen zugeführt wird und die Herde selbst eine passende Bewegung (die ebenen durch kurze Stösse: Stossherde; die Rundherde durch langsame Drehung um die vertikale Achse: Drehherde) erhalten, erfolgt die Trennung der Körper nach der Dichte unter gleichzeitigem Ablaufen derselben an den Stellen, welchen sie je nach der Dichte zufliessen.

Unter den bemerkenswerten Ausführungen von Sortirmaschinen für gleichfällige Körper seien hier nur noch die Spitzlutten und Stauchsiebstrom-Setzmaschinen als die gebräuchlichsten hervorgehoben.

Die Spitzlutten (Fig. 847) bestehen aus mehreren prismatischen auf Stützen ruhenden Eisenblechkasten A von Dreiecksform, in welchen geometrisch ähnliche Blechkasten B hängen, so dass zwischen beiden ein Kanal c frei bleibt, dessen Durchströmungsquerschnitt durch Höher- oder Tieferhängen von B mittels der Schrauben s erweitert oder verengt werden kann, um die Durchströmungsgeschwindigkeit dem Sortirmaterial anzupassen und von Element zu Element zu verkleinern, weil die Teile immer leichter werden. Die Einleitung der Trübe findet bei C statt, die Abführung aus jedem Element durch einen Hahn a in Kanäle E, die Zuführung von Wasser aus einer Leitung durch das Rohr R nebst Zweigröhren r. Indem in diesem Apparate die in der fallenden Schwebe gehaltenen Teile die aufsteigende Bewegung mit einem Wasserstrom ausführen, dessen Geschwindigkeit grösser als ihre Fallgeschwindigkeit ist, gelangen mit der Abnahme dieser Stromgeschwindigkeit auch nur leichtere Körper in das nächste Element, um sich hier im unteren Teil abzusetzen.

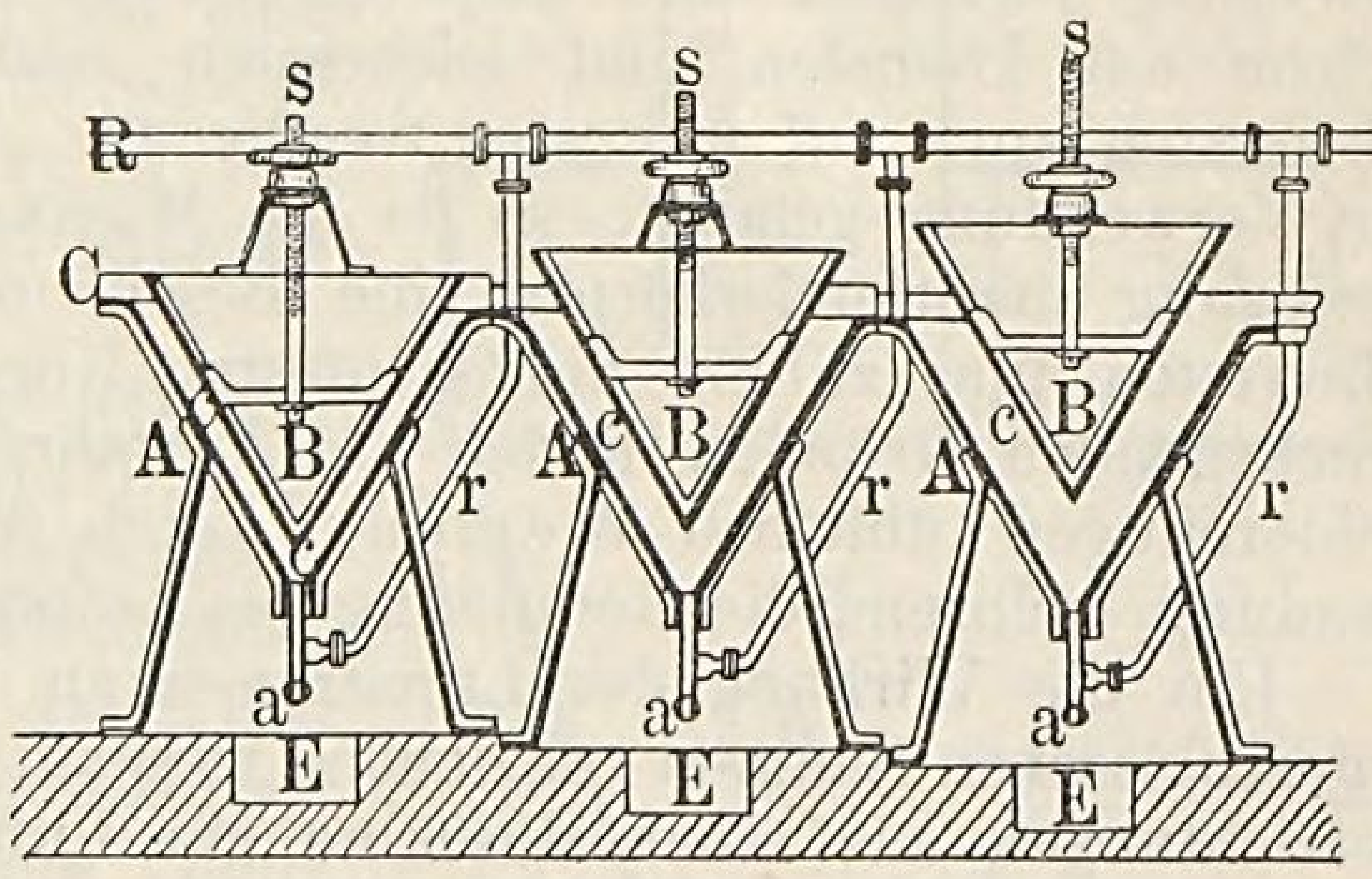


Fig. 847.

Die Stauchsiebstrom-Setzmaschine besteht aus einzelnen Elementen, d. h. aus einzelnen zwischen Ständern aufgehängten Siebkasten, deren oberer Teil viereckig oder cylindrisch und deren unterer dreieckig wie der Spitzlutten oder trichterförmig gestaltet ist. In dem oberen Teile befindet sich ein aus gelochtem Blech hergestelltes Sieb, das mittels Exzenter auf- und niedergestossen wird und die Wirkung der Setzmaschine ausübt. Die Trübe gelangt aus dem einen Siebkasten durch einen Kanal in den nächsten, der zu diesem Zwecke niedriger hängt, um nach dem Durchlaufen durch drei oder vier Elemente in ebenso viele Sorten getrennt zu sein.

Da das Verfahren, Körper nach Grösse oder Dichte im Wasserstrom zu trennen, wesentlich darauf beruht, dass der letztere dieselben in der Schwebe wegführt und durch Geschwindigkeitsabstufungen zum Ausfallen bringt, so ist begreiflich, dass dasselbe Verfahren bei zahlreichen Sammelkörpern auch mit Luft nach durchaus gleichen Gesetzen zur Ausführung

gelangen kann. Nicht nur in solchen Fällen, in welchen die Substanzen nicht mit Wasser in Berührung kommen dürfen, sondern auch dann, wo die Berührung mit Wasser aus anderen Gründen, z. B. zur Vermeidung des Trocknens, umgangen werden soll, findet daher der Luftstrom ausgedehnte Verwendung zur Sonderung und zwar in den mannigfaltigsten Formen zur Getreidereinigung, zur Trennung der zahlreichen Abstufungen in der Mehlfabrikation, oft im Verein mit Sieben u. dergl. (S. 923) und insbesondere der blättchenförmigen Schalenstücke (Kleie etc.), von dem Korn und dem sog. Griese eine Absonderung, sowie überall da, wo durch Siebe überhaupt ausgeschlossen ist.

Die Wirkung der Luft kann entweder dadurch hervorgebracht werden, dass man die zu sondernden Teile mit einer gewissen Geschwindigkeit horizontal fortschleudert, oder dadurch, dass man sie einem Luftstrom darbietet. — Im ersten Fall kommt der Luftwiderstand zur Geltung, der die Bewegung verzögert und diejenigen Teile zuerst zum Niederfallen zwingt, welche am kleinsten und leichtesten sind, während die grössten und schwersten auch am weitesten wegfliegen. Wenn dahingegen ein Luftstrom zur Verwendung gelangt, so ist die Wirkung eine umgekehrte, indem die Bewegung der Sonderkörper eine Beschleunigung erfährt und zuerst die schwersten und zuletzt die leichtesten Körper abgeschieden werden. Aus naheliegenden Gründen findet das Verfahren des von altersher zum Getreidereinigen üblichen Werfens durch Maschinen fast gar keine Verwendung, während die Benutzung des Luftstromes eine sehr ausgedehnte ist.

Um die Wirkung des Luftstromes zu sichern, muss sich dieselbe in abgeschlossenen Räumen vollziehen, weshalb die hier in Betracht kommenden Vorrichtungen aus einer Maschine zur Luftbewegung und einer Kammer bestehen, in welcher sich die Trennung vollzieht. — Zur Luftbewegung dienen ausschliesslich Ventilatoren (S. 896) und zwar blasend oder saugend oder auch saugend und blasend, indem sie das durch Saugen Abgetrennte durch Blasen fortschaffen. — Die Gestalt, Grösse und Einrichtung der Kammern richtet sich in erster Linie nach dem Arbeitsmaterial und dann nach dem Zwecke, d. h. nach der gewünschten Anzahl der Abtrennungen, da jede abgetrennte Partie für sich auch aufgefangen werden muss. Bewegt sich die Luft in wagerechter Richtung, so dienen zur Abtrennung ganz allgemein senkrechte Wände 1, 2, 3, 4, 5 etc. in der Kammer A (Fig. 848), welche ebensoviele Behälter bilden, über welche der bei a eintretende Wind das durch den Schlitz b senkrecht einfallende Material hinwegführt, so dass die mitgerissenen Teilchen je nach Grösse und Schwere sich der Reihe nach absetzen. Um auch die noch in der Schwebe gehaltenen kleinsten Teilchen abzuscheiden, ist es erforderlich, die Luftgeschwindigkeit durch Eintritt in einen grösseren Raum B entsprechend zu mässigen, aus dem

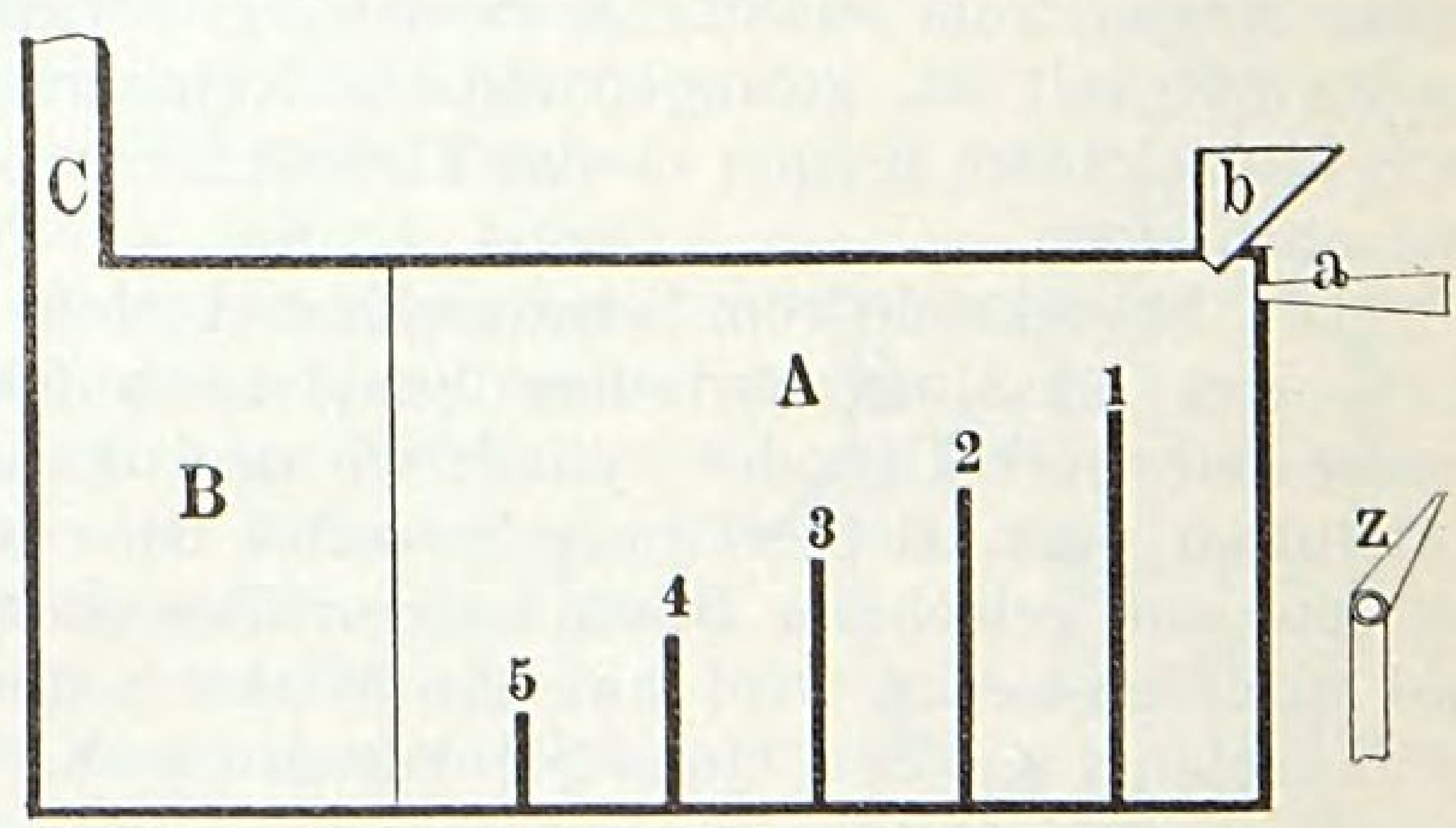


Fig. 848.

endlich die Luft allein durch den Kanal C entweicht. Zur Regulirung der Wirkung werden die Kanten der Wände 1, 2 etc. vielfach als drehbare Zungen z ausgeführt, welche in verschiedenster Stellung dem Strom entgegengestellt werden können.

Wird die Luft senkrecht aufrecht und das Material ihr entgegenbewegt, so erhalten die Kammern in der Regel die Form konzentrischer Röhren, über deren obere Ränder die leichteren Teile sich von dem inneren Luftrohr aus nach den äusseren Röhren begeben, um je nach ihrer Beschaffenheit in einen der Röhrenzwischenräume zu fallen.

Mitunter erfolgt die Trennung in der Weise, dass das von der Luft mitgerissene Material gegen ein Sieb fliegt, das dem Luftstrom in den Weg gestellt wird, die feineren Teile durchlässt und die gröberen auf der Oberfläche zurückhält. Bildet dieses Sieb ein Cylindersieb (S. 926), das sich langsam dreht, während die Luft aus demselben ausgesogen wird, so entsteht eine ununterbrochene Wirkung, durch welche z. B. die aufgelockerte Baumwolle von anhängendem Staub befreit wird (Staubtrommel).

Zu dieser Gattung von Absonderungsmaschinen gehören auch die auf Zentrifugalwirkung beruhenden Staubfänger. deren Grundlage aus Fig. 849 hervorgeht. Die mit Staub beladene Luft tritt durch das tangential in einen hohlen Cylinderkörper einmündende Rohr A mittels eines Ventilators ein, wirbelt dann in dem Kegelansatz K herum und scheidet sich von den Staubteilen ab, die nach J gelangen und herausfallen, während die Luft durch den Kanal E entweicht.

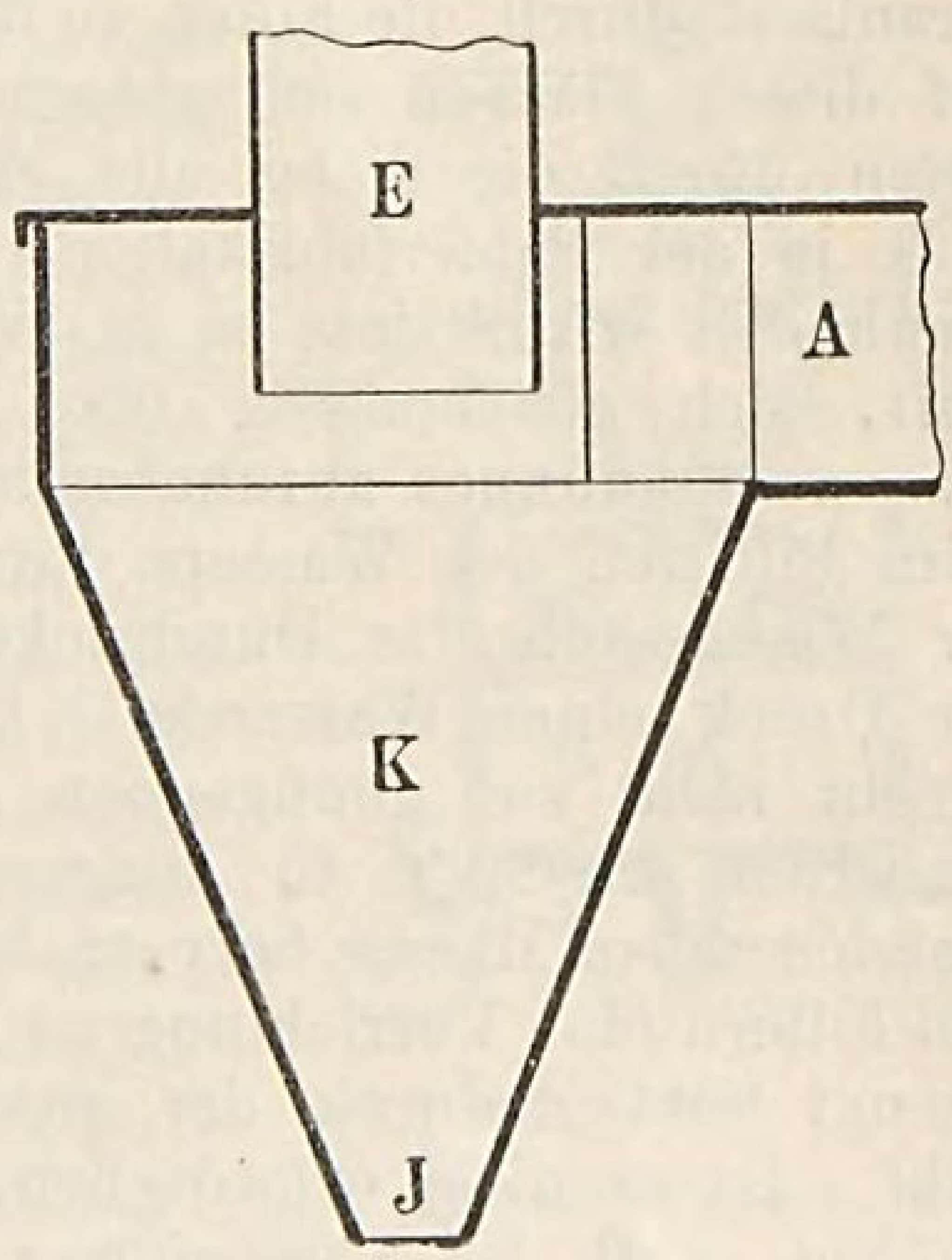


Fig. 849.

III. Pressen, Schleudermaschinen, Waschmaschinen, Trockenmaschinen.

Eine sehr oft vorkommende Aufgabe in der industriellen Technik besteht in der Trennnung von Körpern verschiedenen Aggregatzustandes, also Trennung fester Körper von flüssigen und zwar sowohl von tropfbaren als luftartigen Flüssigkeiten. — Für das hierbei zu beobachtende Verfahren ist naturgemäss zunächst die Beschaffenheit der zu trennenden Körper und der Zustand maassgebend, in dem sie sich befinden. In Bezug auf die Beschaffenheit sei nur daran erinnert, dass eine Gruppe von Körpern die Flüssigkeit, z. B. Wasser, leicht abgiebt, während eine andere Gruppe dieselbe mit ausserordentlicher Kraft festhält. Von glatten Kieseln läuft das Wasser bis auf einen kleinen Rest ab, während Gewebe und sonstige poröse Körper umsomehr von demselben zurückhalten, je grösser die gesamte benetzte Fläche ist. — Fast alle Flüssigkeiten sind in der Wärme dünnflüssiger als in der Kälte, weshalb auch die Trennung derselben durch

Erwärmung erheblich erleichtert wird; in einzelnen Fällen benutzt man zum Zwecke der Trennung die Wärme, um abzuscheidende Stoffe in den flüssigen Zustand überzuführen.

Ganz allgemein beruhen die verschiedenen Absonderungsmethoden und die dabei verwendeten Maschinen, abgesehen von dem bereits früher erörterten Absetzen (S. 930), auf dem Prinzip des Durchsiebens (Abseihen, Filtriren) oder des Auspressens oder des Verdunstens (Trocknen, Destilliren etc.).

Zum Abseihen und Filtriren bedient man sich der Siebe (S. 923) und der Filter. Letztere werden aus den verschiedensten durchlässigen Stoffen (Löschpapier, Gewebe, Steine, Kies, Sand, Kohle, Schlackenwolle, Sägespäne) hergestellt und in der Weise zur Verwendung gebracht, dass man das zu sichtende Material auf eine Fläche derselben bringt und das flüssige veranlasst durch die Filter zu treten, damit die festen Stoffe schichtenweise auf diesen Flächen sich ablagern. In einzelnen Fällen erfolgt das Durchtreten durch die Siebe und Filter infolge des Gewichtes der Flüssigkeit, z. B. in der Papierfabrikation, wo das sog. Papierzeug dadurch in Papier verwandelt wird, dass es in Wasser schwimmend auf ein Sieb ohne Ende läuft, sich gleichmässig über dasselbe ausbreitet und unter Abfluss des Wassers als dünnes abzuhebendes Blatt auf demselben zurückbleibt; ebenso beim Filtriren des Wassers durch Sand- und Kiesschichten, wo der Druck der Wassersäule das Durchsickern fördert. In den meisten Fällen genügt der Druck einer Wassersäule beziehungsweise das Gewicht einer Wasserschicht nicht zur genügenden Absonderung. Es ist vielmehr gewöhnlich der Druck erheblich zu steigern, um die in Rede stehende Wirkung in ausreichendem Maasse hervorzubringen und aus dem Grunde mit den Sieben und Filtern eine Vorrichtung zu verbinden, welche diesen Druck mechanisch erzeugt und dadurch der ganzen Anlage den Charakter einer Maschine giebt. Ist es nicht erforderlich, den Druck über den der Atmosphäre zu erhöhen, z. B. bei Abscheidung von luftförmigen Flüssigkeiten, so benutzt man oft die Saugkraft von Pumpen oder Ventilatoren; am regelmässigsten jedoch steht die gewöhnliche Pressung und die Zentrifugalkraft in Verwendung, weshalb die hier hingehörenden Maschinen auch die Bezeichnung Pressen und Zentrifugalmaschinen führen.

A. Pressen.

Die Pressen, deren Benennung häufig der Bestimmung entlehnt ist, z. B. Ölpressen, Obstpressen, Filterpressen u. dergl., werden am zweckmässigsten nach den gewählten Druckmitteln unterschieden und demnach eingeteilt in Hebelpressen, Keilpressen, Spindelpressen, Schraubenpressen, Walzenpressen, Wasserdruckpressen und Dampfpressen.

Der Gebrauch der Pressen zum Zwecke der Absonderung setzt im Allgemeinen die Umhüllung des Pressgutes mit Sieben oder Filtern voraus. Für manche Zwecke ist es ausreichend, das Pressgut in ein Gefäss aus durchlöcherten Wänden (Presstopf) zu füllen, mit einer genau in dieses Gefäss passenden Platte (Pressplatte) zu bedecken und auf dieser den Druck zur Wirkung zu bringen, so dass die Flüssigkeit durch die Löcher des Presstopfes läuft und mittels einer herumlaufenden Rinne aufgefangen

wird. — Erheischt das Pressgut die Verwendung von Filtern, so können diese nur aus genügend widerstandsfähigem Material, fast ausschliesslich Gewebe, hergestellt und entweder in der Form genähter Beutel (Pressbeutel) oder in Rahmen gespannter Abschnitte (Rahmentücher) oder durch Umfalten um das Pressgut (Presstücher) zum Gebrauch dienen. In diesem Fall schichtet man dann eine grössere Zahl Beutel, Rahmen, Presstücher abwechselnd mit zwischengelegten Platten zu einem Stoss auf oder zusammen, der an den beiden Enden mit je einer Pressplatte bedeckt wird. Die Zwischen- und Pressplatten werden oft behufs Erwärmens hohl angefertigt und mit einer Dampfleitung in Verbindung gesetzt.

1. Hebelpressen. — Die einfachen Hebelpressen bestehen dem Wesen nach aus einem einarmigen Hebel (Baum) und einem Gefässe zur Aufnahme des Pressgutes. Der Baum liegt über dem Pressgefässe, an einem Ende drehbar in einem Holzständer, am freien Ende belastet, dazwischen mit einer Kraft auf die Pressplatte drückend, gleich der Belastung multiplizirt mit dem Hebelverhältnisse. Bedeutend wirksamer sind die Kniehebelpressen, welche demnach in verschiedenen Ausführungen im Gebrauch stehen. Eine der zweckmässigsten Anordnungen zeigt Fig. 850. Auf dem sog. Widerlager W mit dem Teller T zum Auffangen der Flüssigkeit ruht der Bottich B zur Aufnahme des Pressgutes, sowie mittels der Stange D der Helm H. An der Stange D gleitet die Pressplatte P, welche ihren Druck anfangs direkt von der Schraube s durch das Handrad a mit Mutter und später unter stetiger Drucksteigerung von dem Doppelkniehebel c, c mittels der Links-rechtsschraube d von dem Handrade b empfängt. — Mitunter ist die Aufstellung dieser Presse auch wagerecht.

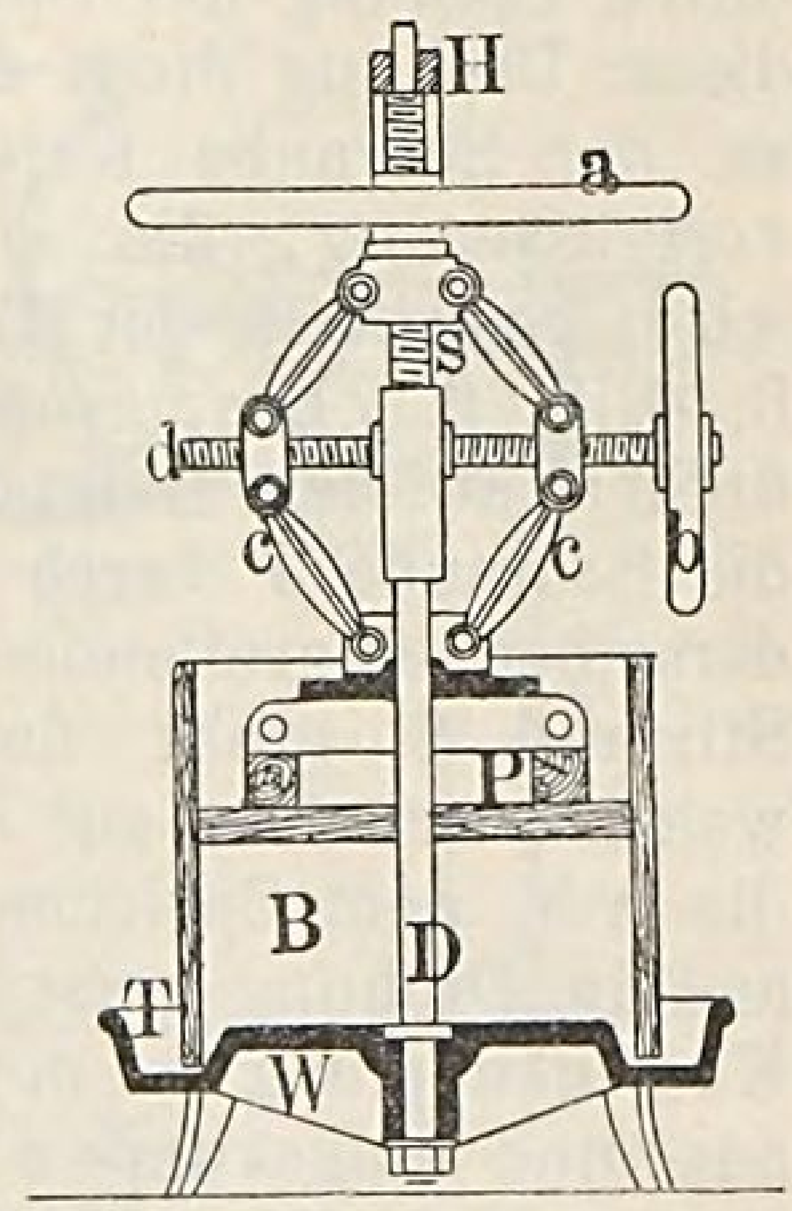


Fig. 850.

2. Keilpressen. Zur Erklärung einer Keilpresse, welche nur zum Auspressen von Öl aus Samen etc. dient, mag Fig. 851 dienen. In einem starken eisernen oder hölzernen Kasten a, a befinden sich zwei Pressbeutel b, b zwischen Lochplatten und den mit Abflusskanälen versehenen Pressplatten c, c, die sich gegen Rippen stützen. Zwischen diesen nach innen liegenden Rippen liegen Keilstücke k, k und die zwei Keile f und g, von denen g von Beginn der Pressung nach oben angezogen wird, um alle Teile zusammenzuschieben, während darauf f mit einem Fallklotz angetrieben wird, bis die Pressung vollendet ist. Ein Schlag auf den Keil g löst sodann das ganze System wieder zum Einlegen neu gefüllter Pressbeutel. Die Eisenplatten c, c können erwärmt werden; n, n sind Abläufe.

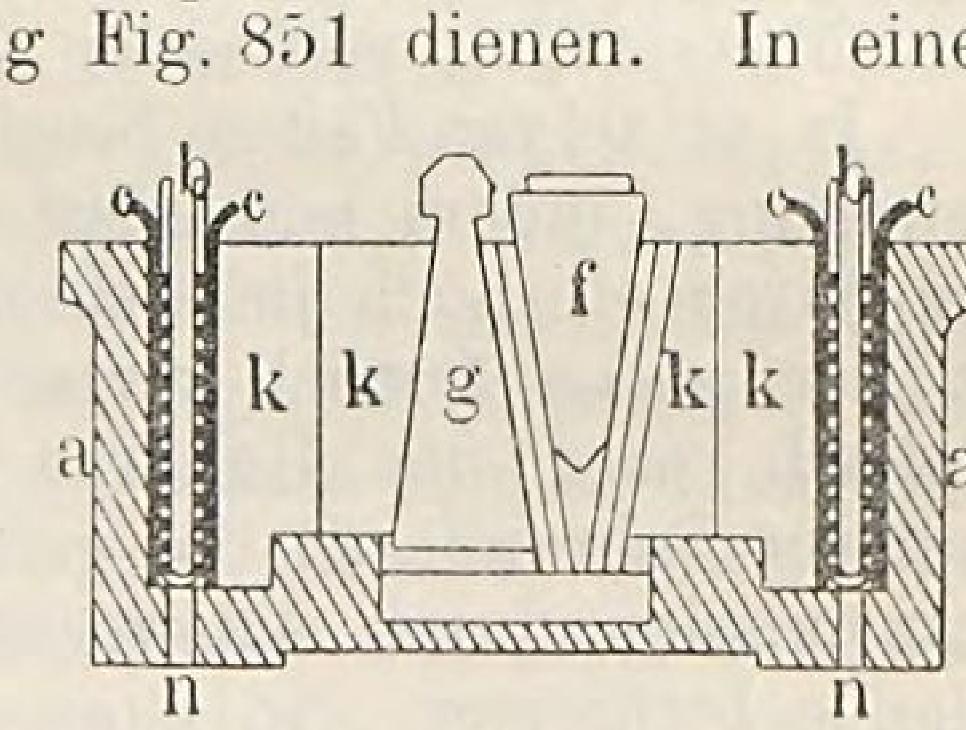


Fig. 851.

3. Spindelpressen. — Die Spindelpressen, welche ihren Namen der Anwendung der Schraubenspindel als Kraftorgan verdanken, sind ihrer Einfachheit und vielseitigen Gebrauchsfähigkeit wegen die verbreitetsten Pressen und zwar sowohl für den Handkraftbetrieb als für den Antrieb

von einer Transmission eingerichtet. — In der Regel gestatten sie einen Wechsel der Kraftübersetzung, damit man anfangs eine grössere Geschwindigkeit der Pressplatte und später einen grossen Druck verwenden kann. Wie Fig. 852 erkennen lässt, besteht eine Spindelpresse aus dem Widerlager W, dem Helm H, den Säulen S und der Schraubenspindel J. Das Widerlager W steht entweder frei oder ist mit einem Fundament oder Gebälk F durch Anker fest verbunden. Die Säulen S tragen den Helm H und bestimmen den Abstand des letzteren von dem Widerlager. An der flachgängigen Schraube S hängt die Platte P derart, dass sich die Schraube davon unabhängig drehen kann. Die Mutter der Schraubenspindel liegt fest in dem Helm H, so dass die Pressung durch Drehung der Spindel J erfolgt. Zu dieser Drehung dient das Handrad h, das an der Schraube festsitzt. Eine Druckvergrösserung, die in Thätigkeit gesetzt wird, besteht in der Radübersetzung 1, 2, 3, 4, 5, 6. Das grosse Stirnrad 6 ist drehbar auf dem Helm gelagert und nimmt die Schraube J durch einen in eine Nut derselben eingreifenden Keil mit. In das Stirnrad 6 greift das Stirnrad 5 ein, welches sich lose auf der Welle befindet, die von dem Speichen- oder Handrad K aus in Drehung versetzt und durch eine Klauenkupplung k mit dem Zahnrad 5 aus- und eingekuppelt werden kann, und zwar mittels einer Gabel i, die von einem vertikal abwärts hängenden Hebel t bewegt wird. Die Übersetzung von 1 auf 2 beträgt gewöhnlich 4, von 5 auf 6 dahingegen 4,5, so dass im Ganzen eine 18fache Kraftübersetzung vorhanden ist.

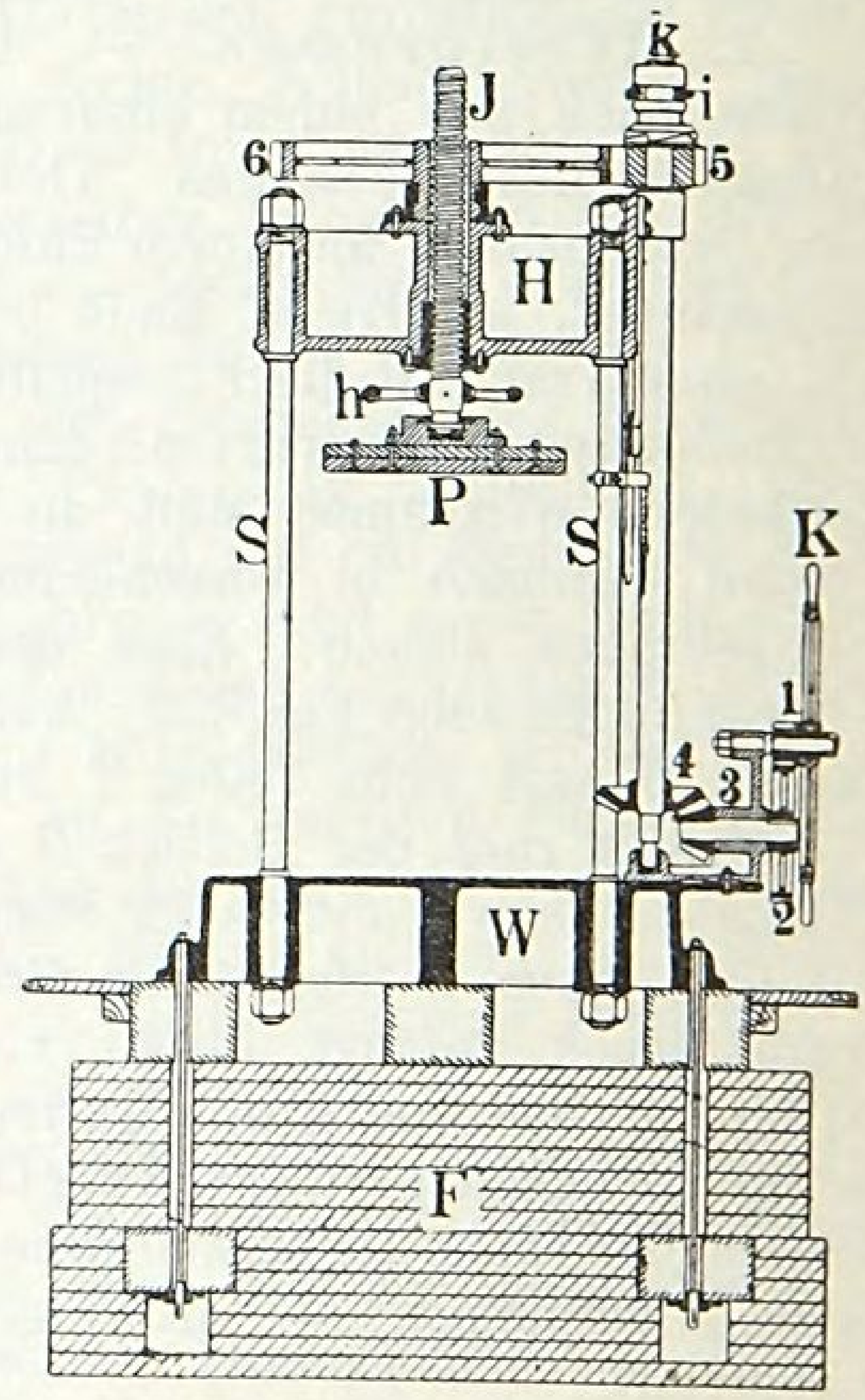


Fig. 852.

In einzelnen Fällen beschränkt man sich bei Spindelpressen auf Handbewegung, indem man statt des Handrades h einen langen Hebel benutzt, der durch ein Loch im Schraubenkopf gesteckt und angezogen wird; dann ist der ganze Antrieb zwischen K und 6 entbehrlich und fällt weg. — Vielfach wird das Handrad h als Schneckenrad ausgebildet und mittels endloser Schraube (S. 63) gedreht. — Dass man den Antrieb von einer Transmission durch Auswechseln des Speichenrades K gegen eine Riemenscheibe bethätigen und dann zweckmässiger die Vorlage 1, 2, 3, 4 auf dem Helm H unterbringen kann, bedarf kaum der Erwähnung. — Bei Transmissionsbetrieb gewinnt man eine wesentliche Vereinfachung durch Anbringung einer direkt von der Riemenscheibe in Umdrehung versetzten Schnecke, welche statt des Rades 5 in das Rad 6 eingreift. — Eine bemerkenswerte Ausführung besteht darin, die Verschiebung der Spindel durch Anbringung eines Schaltwerkes (S. 69) zu bewerkstelligen, welches Ähnlichkeit mit demjenigen der Schlittenwinde (Fig. 652, S. 763) hat.

4. Schraubenpresse. — Die Wirkung einer Presse beruht stets auf einer Raumverminderung des Pressgutes. Da diese Verminderung auch

dadurch hervorzubringen ist, dass das Pressgut in einen sich stetig verengenden, also kegel- oder pyramidenförmigen Raum gepresst wird, dessen Flächen die ausgepresste Flüssigkeit durchlassen, so sind auch vielfach Pressen nach diesem Prinzip gebaut, welche deshalb den Namen Schraubenpressen führen, weil das Druckmittel eine Schnecke bildet, welche durch ihre Drehung das Pressgut wie eine Transportschraube (S. 754) bewegt. Die Verengung des Raumes wird in der Regel dadurch erreicht, dass sowohl Schnecke als Pressraum Kegelform erhalten; mitunter ist der Pressraum cylindrisch und nur die Schnecke kegelförmig, selbstverständlich derart eingesetzt, dass das Pressgut sich dann nach der grossen Kegelbasis vorschiebt. — Eine sehr empfehlenswerte einfache Schraubenpresse zum Auspressen von Obst u. dergl. hat die in Fig. 853 gezeichnete Einrichtung. Das kegelförmige Gefäss G ist inwendig mit einer Wand aus Holzstäben bekleidet, zwischen denen spaltartige Zwischenräume aufgespart sind, durch welche die Flüssigkeit tritt, um mit der durch ein vorgelegtes Sieb austretenden vereinigt aus dem Kanal e abzulaufen. Innerhalb dieser Bekleidung liegt die Kegelschnecke A von der Kurbel K und ein Schneckenradvorgelege c in Umdrehung zu versetzen. Das durch den Rumpf R eingefüllte Pressgut fällt zwischen die Gänge der Presschnecke A, wird von dieser erfasst, dem verjüngten Ende zugeschraubt, dadurch unter zunehmendem Drucke ausgepresst und als Pressrückstand aus der Öffnung E herausgeschoben. — Im Grossen hat die Schraubenpresse Anwendung in der Zuckerrübenfabrikation zum Auspressen der ausgelaugten Schnitzel in der Anordnung gefunden, bei der ein Kegel mit schraubenförmig verlaufenden Messern besetzt, mit der grossen Grundfläche nach unten in einem senkrecht aufgestellten Cylindergefäss in Umdrehung versetzt wird (Schnitzelpresse). — Mitunter tritt bei dieser Schnitzelpresse das Wasser auch in das Innere der Schnecke, welche zu dem Zwecke aus gelochtem Blech hergestellt wird. — Eine besondere Anordnung ist dadurch entstanden, dass man zwei Kegelschrauben neben einander in ein Gehäuse eingeschlossen hat.

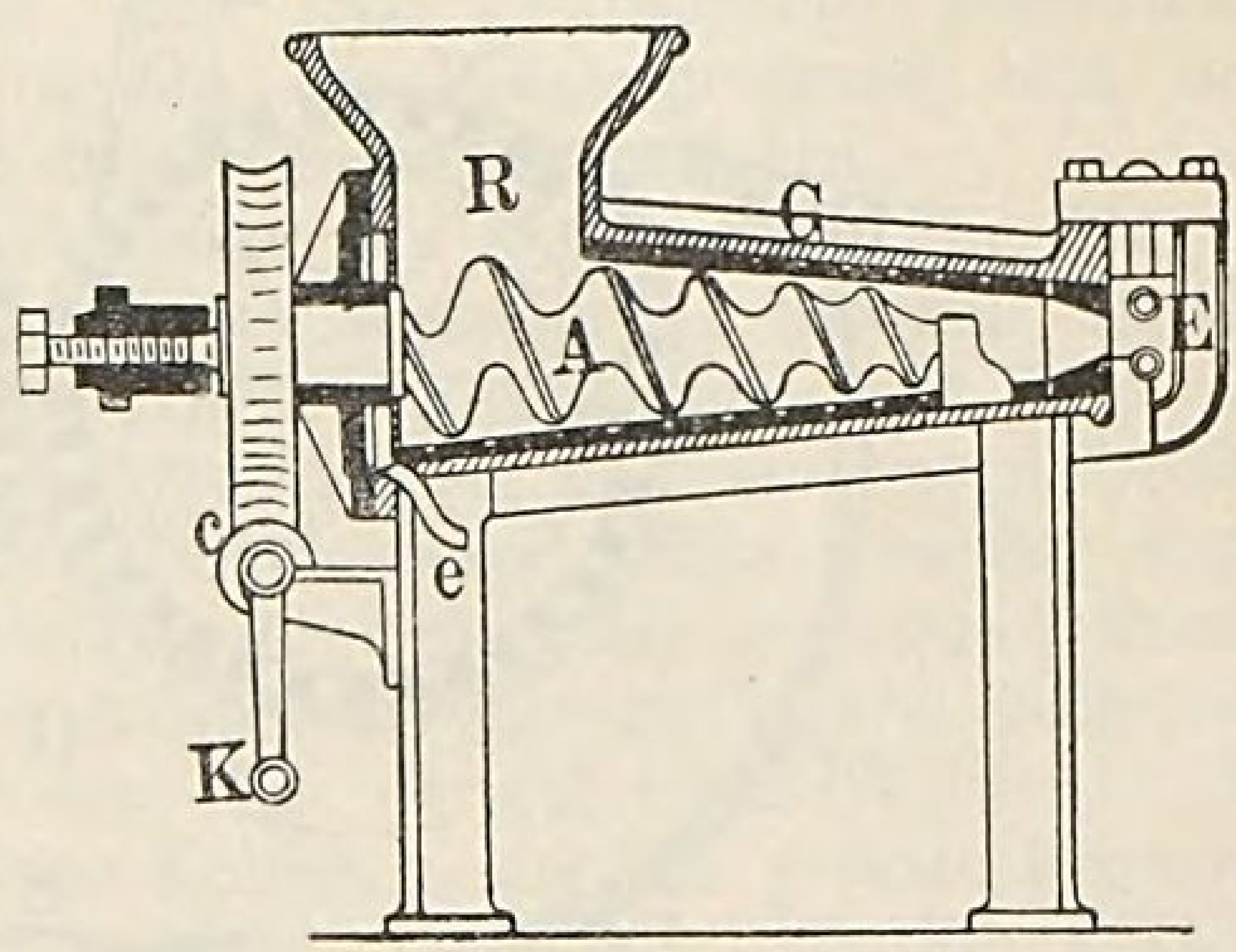


Fig. 853.

5. Walzenpresse. — Wie bereits S. 911 nachgewiesen, wirken zwei Walzen dadurch, dass der von ihnen gefasste Körper mit grosser Gewalt in einen stetig enger werdenden Raum gezogen wird. Dieses Vorganges wegen eignen sich Walzen vorzüglich zum Auspressen, zumal die Wirkung selbst eine ununterbrochene sein kann, wenn an denselben Einrichtungen getroffen werden, welche die durch Pressung getrennte Flüssigkeit und die Pressrückstände jede für sich abführen. Dazu sind zwei Mittel zur Anwendung gelangt, indem man entweder die Walzen siebartig durchlöchert oder mit Presstüchern zusammenarbeiten lässt.

Das erste Mittel findet in der Weise (Fig. 854) Verwirklichung, dass die Walzen B aus Längsrippen gebildet werden, die man mit Metalldraht derart umwickelt, dass zwischen den Windungen nur ein Spalt von 0,1

bis 0,2 *mm* Weite bleibt. Beide Walzen sind von einem Gefässe G umschlossen, das sowohl gegen die Stirnflächen als bei a, a durch Kautschukstreifen gegen die Walzen gedichtet ist. Indem das wässerige Pressgut aus einem höher gelegenen Behälter unten durch A von dem Schirm S verteilt in das Gefäss G gelangt und gegen die Siebwalzen A, B gedrückt wird, tritt die Flüssigkeit in das Siebinnere und hinterlässt auf der Sieboberfläche die festen Stoffe, welche von den Sieben infolge ihrer Bewegungsrichtung nach oben mitgenommen, weiter ausgepresst und von den Schabern c, c abgestreift und seitwärts entfernt werden, zu welchem Zweck die Walzenachsen um 45° geneigt sind. Der Antrieb beider Walzen erfolgt durch Schneckengetriebe von der Welle W.

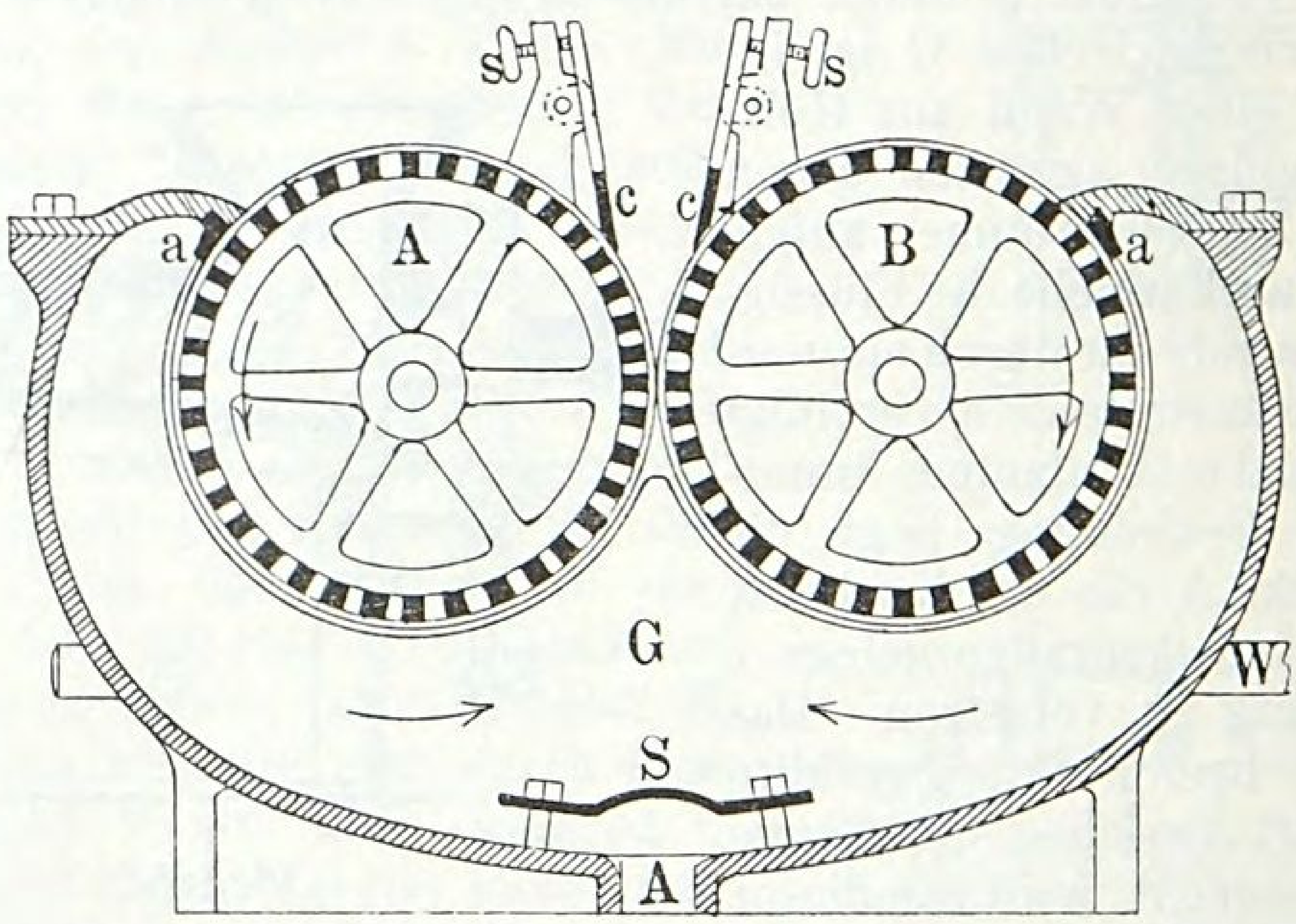


Fig. 854.

Die Walzenpressen mit Siebwalzen gestatten keine sorgfältige Absonderung, wenn die festen Teile so klein sind, dass sie die Siebmaschine passiren können. In solchen Fällen, wo eine möglichst vollkommene Absonderung zu erfolgen hat, wählt man daher die Presstücher zur Trennung des festen vom flüssigen nach dem Vorbilde, das in der Papierfabrikation durch die sog. Nassfilzpartie der Papiermaschine geliefert ist. Am empfehlenswertesten erscheint die in Fig. 855 schematisch wiedergegebene Anordnung. Ein endloses Filtertuch A, A läuft über die Leitwalze B, die eigentlichen Presswalzen C, D und die Spannwalzen E, F, sich mit denselben in der Pfeilrichtung bewegend. Fünf Druckwalzen c pressen dasselbe gegen die Walze C und zwar indem die erste einen grösseren Abstand erhält als die letzte mit zunehmendem Druck. Das Pressgut fällt aus dem Rumpf R, von den Walzen a, a geführt, über der Walze B auf das Presstuch, passirt

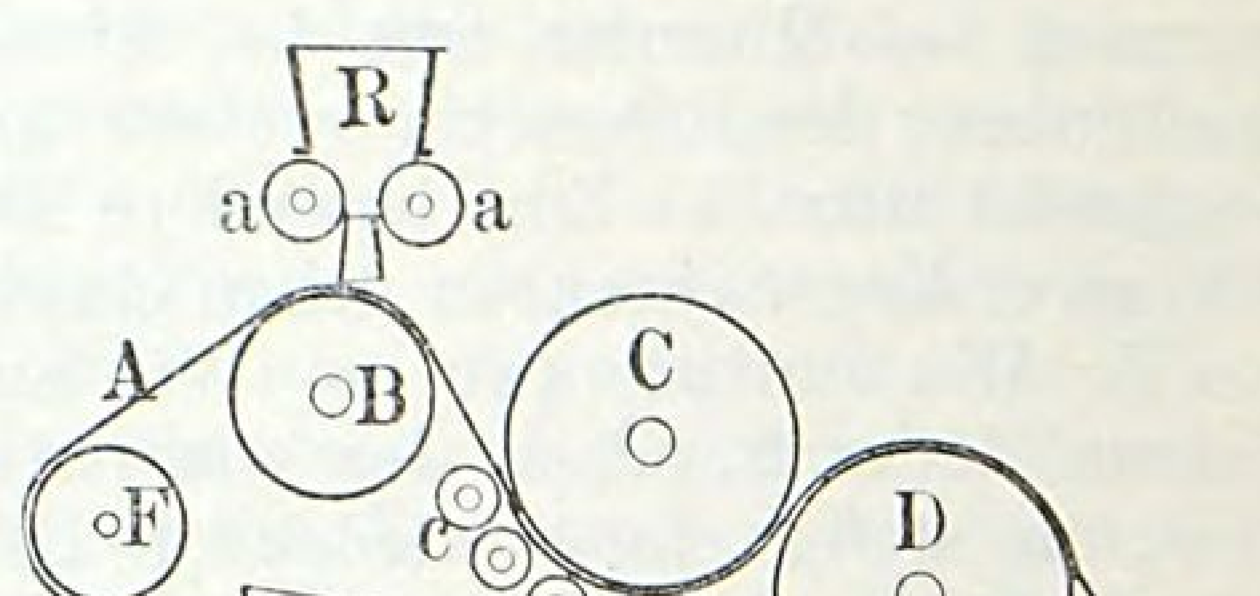


Fig. 855.

mit demselben erst die Presswalzen C und c, dann zur Hauptpressung die Walzen C und D, um über E in ein Schiff oder einen Trichter T zu gelangen, während die Flüssigkeit in das Schiff S und aus diesem durch das Rohr u dem Sammelbehälter zuläuft. Um den zwischen den Walzen auftretenden Pressdruck auf eine grössere Fläche zu verbreiten, überzieht man die Presswalzen C, D, c mit einer dicken (10 bis 15 *mm*) Schicht von Kautschuk, welche platt gedrückt wird und die Berührungsfläche erheblich vergrössert.

6. Wasserdruckpressen. — Dem Umstand, dass man (S. 197) mittels einer Flüssigkeit eine Kraft nicht nur in jeder beliebigen Richtung fortzupflanzen, sondern auch in einfachster Weise beliebig zu steigern vermag, verdankt das Wasser die hervorragende Verwendung als Druckmittel in Pressen, welche demnach in der Regel hydraulische Pressen heissen. — Der Hauptsache nach besteht daher auch jede hydraulische Pressanlage aus dem Druckwerke zur Hervorbringung der Wasserpressung und dem Presswerke, welches den Druck auf das Pressgut überträgt.

Als Druckwerk dient eine Druckpumpe von der S. 839, Fig. 744 beschriebenen Einrichtung, vielfach mit einer Abänderung insofern als die Bewegung des Druckkolbens K durch Kurbel oder Exzenter (S. 840) von einer Transmission ausgeht und als es zweckmässig erscheint, zwei Druckpumpen mit Kolben von verschiedenem Durchmesser neben einander anzubringen. Bei Beginn der Pressthätigkeit genügt stets ein geringerer Druck, also auch ein Kolben a (Fig. 856) von grösserem Querschnitt und grösserem Hub, um zugleich mit einem Hube drei- bis viermal mehr Wasser in die Presse zu schaffen als mit dem kleineren Kolben b, der die grösste Pressung ausübt, da sich ja die Pressungen umgekehrt verhalten, wie die Kolbenquerschnitte. Der mit der Bewegung des grösseren Kolbens erzielten schnelleren Bewegungen des Presskolbens wegen beginnt daher die Thätigkeit zuerst mit dem grösseren oder mit beiden Kolben, bis eine bestimmte Pressung erreicht ist, worauf die Thätigkeit mit dem kleineren Kolben bis zur erwünschten Steigerung fortgesetzt wird.

In grösseren Anlagen pflegt man von einem Druckwerke eine grössere Zahl Pressen von einem gemeinschaftlichen Druckrohre G, G (Fig. 856) aus

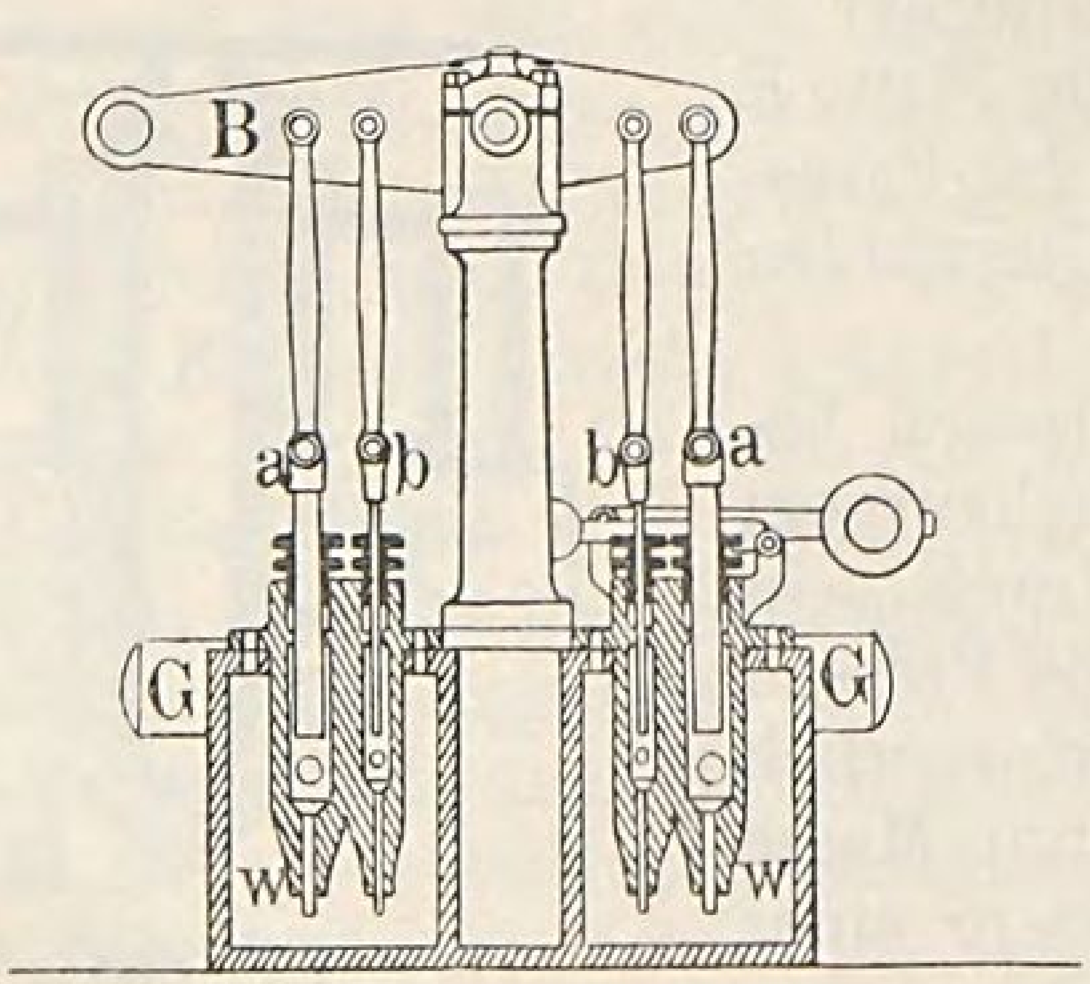


Fig. 856.

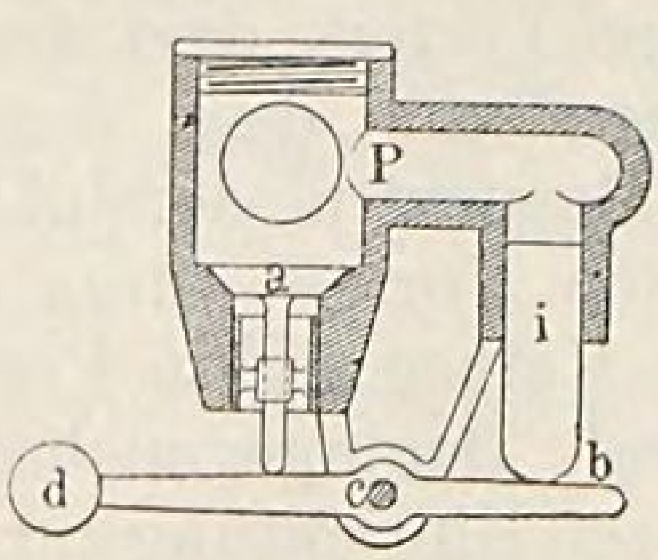


Fig. 857.

anzutreiben und deshalb die Einrichtung mit zwei grossen Kolben a, a und zwei kleinen b, b nebst zwei Wasserbehältern w, w zu treffen,

um eine weniger unterbrochene Wirkung zu erzielen. Die Kolben hängen derart an einem von einem Kurbelgetriebe in Schwingung versetzten Balanzier B, dass a, a die grösseren und b, b die kleineren Hübe ausführen, und arbeiten anfangs gemeinschaftlich. Bei einem bestimmten Drucke wird dann das Saugventil der grösseren Pumpe durch Hebung von seinem Sitze und dadurch die Pumpe selbst ausser Thätigkeit gesetzt. Hierzu dient unter anderen der in Fig. 857 skizzirte Apparat. In dem Pumpenkörper P befindet sich ein Kolben i, der durch den Gewichtshebel b, c, d in einer bestimmten Lage gehalten wird, wenn die Pressung im Inneren der Pumpe eine bestimmte Grösse nicht überschreitet. Im Augenblicke, wo diese Überschreitung stattfindet, drückt das Wasser diesen Kolben i abwärts und damit den Hebel b, c, d gegen die Spindel des Ventils a, das damit ausser Thätigkeit gebracht wird.

Um einerseits die durch die Presspumpen hervorgebrachte stossweise Drucksteigerung von den Pressen fernzuhalten und andererseits einen Vorrat von Arbeitsvermögen zu besitzen, schaltet man häufig zwischen Druckwerk und Presswerk mit Erfolg Akkumulatoren (S. 200) ein.

Das Presswerk erhält in seiner einfachsten Ausführung eine vertikale Aufstellung nach der in Fig. 858 gezeichneten Anordnung. Auf dem Widerlager W erheben sich vier schmiedeiserne Säulen S zum Tragen des Helmes H und zur Führung der Pressplatte P. Letztere bildet den Kopf des hohlen Plungerkolbens K, der von dem Presscylinder C umschlossen wird, welcher in dem Widerlager W hängt und durch ein Rohr mit dem Druckwerke oder dem Akkumulator in Verbindung steht. Bezeichnet man mit F den Querschnitt des Kolbens K, mit f den Querschnitt des Druckkolbens b, sowie mit p den von letzterem erzeugten Einheitsdruck, so ist der Druck, den K ausübt $Q = p F$. Mithin findet eine Druckvermehrung im Verhältnisse $F : f$ statt. Bedeutet ferner P die Fläche, mit welcher das Pressgut die Platte P berührt, so ist der Einheitsdruck für das Pressgut $q = Q : P$, wonach man unter Umständen die Verteilung vornehmen kann.

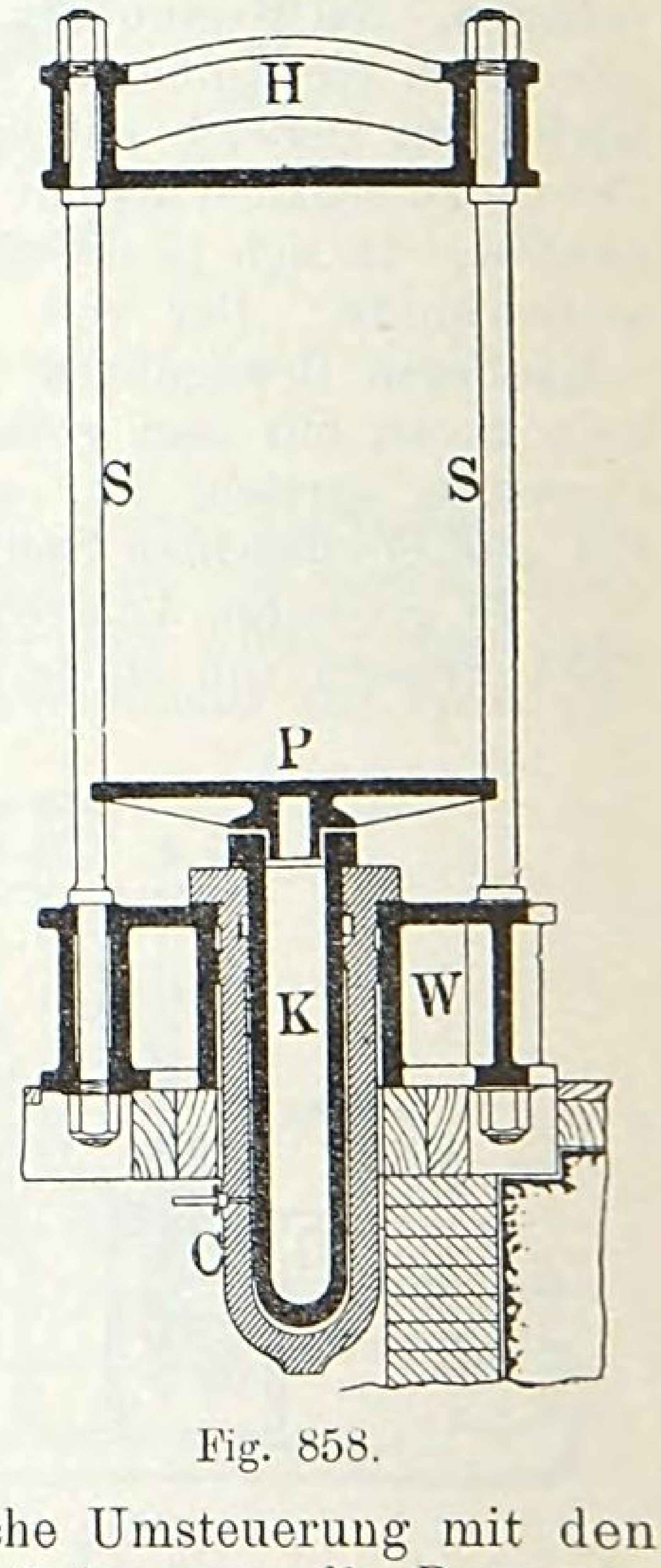


Fig. 858.

Die stehenden hydraulischen Pressen besitzen den Vorteil, dass sie wenig Flächenraum einnehmen und dass der Kolben durch sein eigenes Gewicht niedersinkt. Liegende Pressen haben den Vorteil, dass es nicht erforderlich ist, den Kolben nebst Pressgut als tote Masse zu heben. Dahingegen bedürfen letztere einer besonderen Einrichtung zur Rückwärtsbewegung des Kolbens, wozu bei den ersteren eine einfache Umsteuerung mit den S. 118 angegebenen Drei- und Vierweghähnen genügt, wenn die Pressung klein ist, aber Hubventile bei grösseren Pressungen notwendig sind. — Im Allgemeinen werden daher stehende hydraulische Pressen bevorzugt.

B. Schleudermaschinen.

Wenn sich in einem cylindrischen Gefässe, das sich um eine vertikale Achse mit genügender Geschwindigkeit dreht, Wasser befindet, so wird letzteres infolge der Zentrifugalkraft eine Beschleunigung erfahren, welche im Verein mit der durch die Schwerkraft entstehenden Beschleunigung ein Aufsteigen an der Gefässwand in der Weise verursacht, dass der Wasserspiegel eine krumme Fläche bildet, welche sich als Oberfläche eines Rotations-Paraboloides darstellt, dessen Scheitelpunkt mit dem tiefsten Punkte der Oberfläche zusammenfällt. Diese Oberfläche entsteht durch das Bestreben aller Wasserteilchen, sich von der Achse zu entfernen und zwar mit einer Kraft P, welche mit dem Abstand r von der Achse, mit dem Quadrat der Winkelgeschwindigkeit w und der Masse M der Teile wächst nach der Gleichung: $P = M r w^2$. Ist daher die Gefässwand durchlässig, so wird das Wasser mit derselben Kraft die Gefässwand zu durchdringen und sich von Stoffen abzusondern trachten, für welche die Durchlässigkeit der Wand nicht ausreicht, und die demnach wie vor einem Siebe oder Filter zurückbleibt. Aus diesem Grunde bildet die Zentrifugalkraft ein sehr wirksames Mittel zur Absonderung flüssiger Teile von festen.

Da die Fliehkraft mit der Masse wächst, so müssen Teile von grösserer Masse auch unter gleichen Umständen eine grössere Beschleunigung erfahren als Teile mit kleinerer Masse, also die Gefässwandung früher erreichen als die letzteren. Demnach ist die Zentrifugalkraft zugleich ein Mittel zur Absonderung von Flüssigkeiten nach dem Eigengewicht derselben, indem infolge der Zentrifugalwirkung die schwersten sich an die Gefässwand legen und die leichtesten die innerste Schicht einnehmen. — Nach beiden Wirkungsrichtungen wird die Zentrifugalkraft in den Schleudermaschinen (Zentrifugalmaschinen, Zentrifugen) ausgenutzt.

Jede Schleudermaschine besitzt zur Hervorbringung der Zentrifugalwirkung auf das Schleudermaterial ein cylindrisches Gefäss (Schleuderkorb, Trommel, Korb), welches in der Regel um eine senkrechte Achse mit etwa 600 bis 6000 Umdrehungen in der Minute in Bewegung gesetzt wird. Je nach ihrer Bestimmung ist die Trommel zum Durchlassen einer Flüssigkeit eingerichtet, d. h. aus gelochtem Blech, Drahtsieb u. dergl. hergestellt und dann mit einem Mantel zum Auffangen und Ablassen der Flüssigkeit versehen, oder sie ist aus vollem Blech angefertigt und nur mit einem Schutzmantel umgeben, aber mit einer Einrichtung ausgestattet, welche die nach spez. Gewicht abgesonderten Flüssigkeiten getrennt abführt. — Für einzelne Zwecke erhält die Schleudermaschine besondere Einrichtungen, z. B. zum Decken der Zuckerbrote werden letztere in den Formen mit der Spitze nach aussen radial in die Trommel gelegt und von der Mitte her, also an der Grundfläche, mit Kläre versehen, welche durch mitlaufende Trichter eingeführt wird. Zum Ausschleudern von Garnsträngen, Garnkötzern etc. nach dem Färben oder Waschen zum Zwecke des Trocknens vereinfacht sich die Schleudermaschine zu schnell drehenden Haspeln oder einfachen Scheiben.

Der Betrieb der Zentrifugen ist gewöhnlich ein absetzender, indem das Schleudergut in bestimmten Mengen der Schleuderwirkung ausgesetzt und darauf nach Bremsung der Maschine wieder entfernt wird. Um die Entfernung des Gutes aus der Trommel ohne Stillstand derselben zu

ermöglichen, sind verschiedene Mittel zur Anwendung gelangt. Dazu gehört eine Ringplatte, welche von dem Trommelboden nach oben gehoben wird und dabei das im Innern der Trommel Angesammelte vor sich herschiebt, so dass es über den Trommelrand hinausfliegt. Oder man giebt der Trommel eine nach oben erweiterte Kegelform, an welcher die ausgeschleuderte Masse hinaufsteigt, um ebenfalls über den Rand hinauszufliegen. Vollständig ununterbrochen arbeiten die Zentrifugen zur Trennung von Flüssigkeiten, z. B. des Rahmes von der Milch, indem diese einzeln ohne Unterbrechung abgezogen werden.

Die Aufstellung der Schleudermaschine ist in der Regel eine senkrechte und nur ausnahmsweise eine wagrechte; die Trommel bleibt meistens der Bedienung wegen oben offen. — Der Antrieb erfolgt von Hand oder Transmission und zwar wegen der grossen Geschwindigkeit nicht durch Zahnräder, sondern durch Reibungsräder, Riemen, Schnüre oder in neuerer Zeit oft durch Dynamomaschinen und Dampfturbinen, deren Achsen direkt mit der Trommelachse gekuppelt werden. Je nachdem die Antriebsvorrichtung unterhalb oder überhalb der Trommel angebracht ist, unterscheidet man Unter- und Obertrieb, wovon der erstere allgemein vorgezogen wird, weil er die Bedienung wesentlich erleichtert und gefahrloser macht. — In einzelnen Fällen erscheint es nützlich, den Antrieb von einer Dampfmaschine zu bethätigen, welche an dem Gestelle der Schleudermaschine befestigt ist und direkt die horizontal gelagerte Welle in Umdrehung versetzt, welche mittels Reibungsräder die Trommelachse mitnimmt. — Da die Zentrifugen mit grosser Geschwindigkeit auszustatten und oft wegen der Entleerung in Stillstand zu setzen sind, so sollte eine Bremse zur Beschleunigung des Anhaltens nie fehlen. — Grosse Sorgfalt ist auf die Lagerung der Achse zu verwenden, indem letztere eine gewisse freie Beweglichkeit erhalten muss, um sich bei der fast unvermeidlich eintretenden ungleichen Belastung in die Gleichgewichtslage einstellen zu können. Vielfach werden zu dem Zwecke Kautschukringe um die Halslagerschalen gelegt und die Achse mit Kugelzapfen gelagert; auch zerlegt man wohl die Achse, damit der Teil mit der Antriebsvorrichtung von dem Teile mit der Trommel sich unabhängig drehen kann. Ausserdem pflegt man zur Verminderung der Reibung ausgiebig von Rollkugeln in den Lagern Gebrauch zu machen und bei sehr grossen Schleudermaschinen noch von besonderen Gleichgewichtsregulatoren. — Kleinere (Hand-) Schleudermaschinen erhalten oft eine Einrichtung, welche das Entleeren der Trommel durch Herauskippen gestattet.

Die allgemeine Anordnung einer Schleudermaschine mit Obertrieb geht aus Fig. 859 hervor. Die Schleudertrommel besteht aus einem gusseisernen Teller T mit langer Hülse zur Befestigung auf der Achse X und dem aus gelochtem Blech hergestellten Gefässe G mit dem abnehmbaren Deckel. Zur Umdrehung der in gewöhnlicher Weise mit Fuss- und Halszapfen versehenen Trommelachse X dient das aus Papierscheiben erzeugte Kegel-Reibungsrad K mit dem Gusseisenrad J, das von der Dampfmaschine M aus mit der horizontalen Welle Y sich dreht und durch die Feder f an K angedrückt wird. Das Gehäuse A, welches auf dem Boden das Achsenfusslager, auf der oberen Kante das Gestell B und seitwärts die Dampfmaschine M trägt, nimmt die ausgeschiedene Flüssigkeit auf, die an passender Stelle durch eine verschliessbare Öffnung abgelassen werden

kann. — Unter Weglassung der Dampfmaschine entsteht bei symmetrischer Anordnung des Gestelles und Anbringung einer Riemenrolle auf der Welle Y eine einfache Schleudermaschine mit Riementransmissionsantrieb.

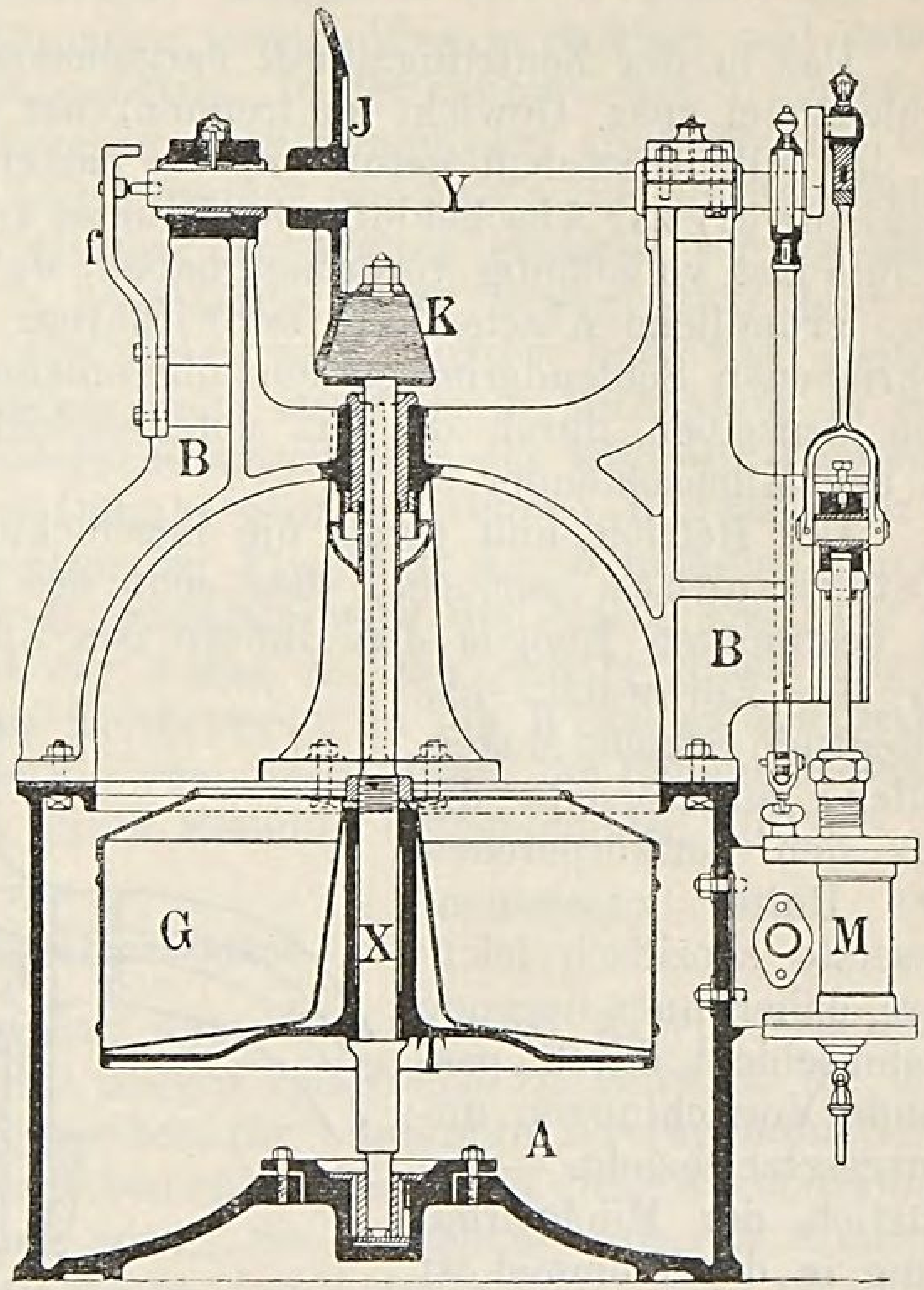


Fig. 859.

Eine Schleudermaschine mit Untertrieb (Lorenz) ist in Fig. 860 dargestellt. Die Trommel G findet mittels einer langen Hülse T aus Gusseisen ihre Befestigung auf der Welle X, welche durch das Fusslager a und das Halslager c gelagert wird. Wie die Figur erkennen lässt, ist das topfartige Fusslager kugelförmig, also nach jeder Richtung beweglich in die Grundplatte P eingelassen. Desgleichen wird das Halslager c, das an zwei Stellen die Achse umschliesst, schwebend und nachgiebig von sechs Stangen s, s getragen, welche durch die Wand des Hohlgussgestelles S gehen und ausserhalb derselben Kautschukpuffer p, p aufnehmen. Infolge dieser Anordnung hat man in ausgiebiger Weise eine Beweglichkeit und damit eine stetige Einstellung in die Gleichgewichtslage gewonnen. Zum Antriebe dient die Riemenscheibe J, welche auf dem oberen Rande einige Bremsklötze aus Holz trägt, die mit einem Stahlbande c umgeben sind, das ausserhalb des Gestelles nach Art der Spannbremse Fig. 120 S. 72 mittels eines Handhebels angezogen wird, um die Maschine anzuhalten. Die aus Drahtgewebe hergestellte Trommel, welche nach Bedürfnis und je nach dem Gebrauchszwecke noch mit einem Gewebe ausgelegt wird, ist von einem abnehmbaren Mantel A umgeben, der auf einem Teller

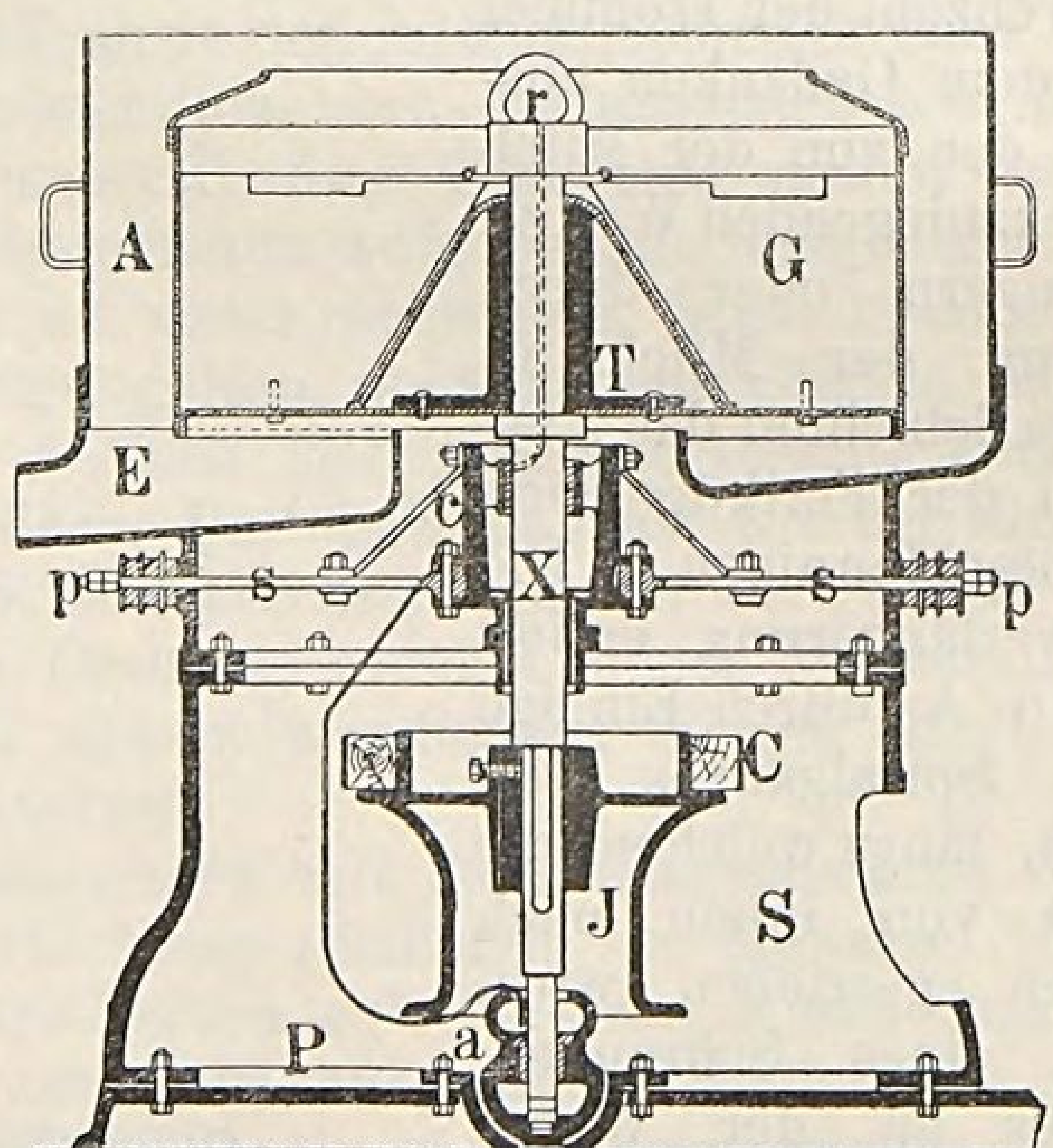


Fig. 860.

ruht, der nach einer Seite abfällt und die Ausflussöffnung E besitzt. Ein Ring r dient nach Lösung der Riemenscheibe J zum Ausheben der Achse x mit der Trommel aus dem Gestell.

Das in der Zentrifugalkraft dargebotene Mittel, Flüssigkeiten von verschiedenem spez. Gewicht zu trennen, hat die ausgedehnteste Verwendung in der Milchwirtschaft gefunden, wo passend gebaute Zentrifugen (Milchschleuder) zur Abscheidung des Rahmes von der Milch die früher üblichen Geräte fast vollständig verdrängt haben, da sie mit geringstem Zeitaufwand eine gründliche Abscheidung herbeiführen. In der Grundlage mit den beschriebenen Schleudermaschinen übereinstimmend, unterscheiden sie sich von denselben durch die Art der Beschickung und Verteilung der Milch in der Milchschleuder.

Der Betrieb und somit die Beschickung sind nämlich dadurch ununterbrochen gemacht, dass man das Rohmaterial aus einem Behälter in bestimmten Mengen dem Innern des Korbes zuführt und einerseits die an die Korbwand sich anlegende Schicht Magermilch, andererseits die aus den Fettkörperchen der Butter zusammengesetzte spezifisch leichtere, daher innen liegende Rahmschicht durch passende Vorrichtungen unausgesetzt abzieht. — Bezüglich der Milchverteilung in der Trommel ist bemerkenswert, dass man zum Zwecke einer Verminderung der grossen Umdrehzahl der Trommel von dem Gedanken ausging, den von der Milch zurückzulegenden Weg zu verlängern oder durch Teilung der Milch in dünne Schichten das Austreten der Fettkügelchen zu beschleunigen. Die Wegverlängerung erzielt man u. A. durch Einlage eines Spiralganges von Blech, längs welchem die Milch von innen nach aussen getrieben wird, oder eines Schraubenganges an der Wand, dem entlang die Milch nach oben aufsteigt. Die

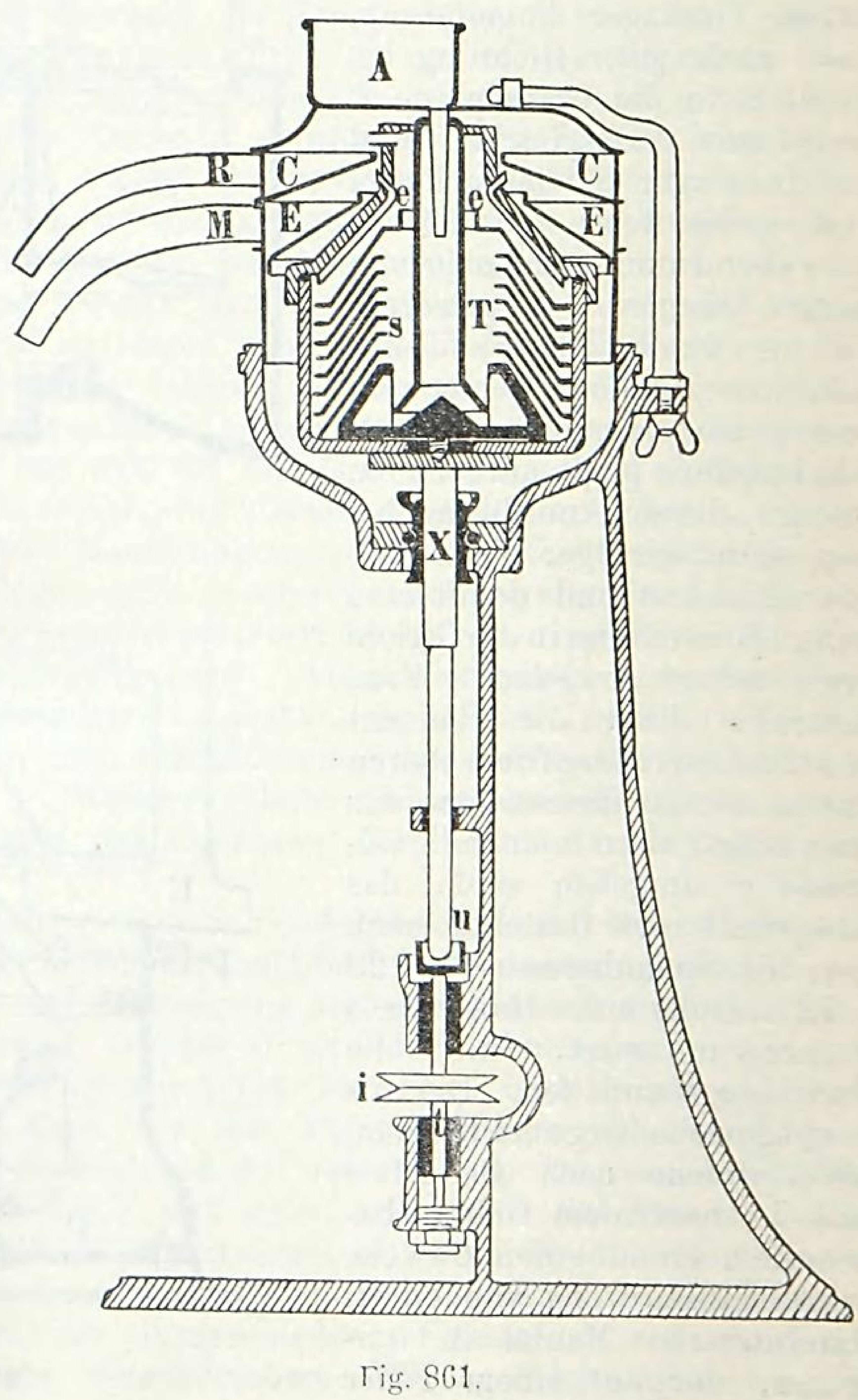


Fig. 861.

vorteilhafteste Art, die Rahmausscheidung zu fördern, besteht darin, dass man die Milch in dünnen Schichten einen langen Weg zurücklegen lässt.

In Fig. 861 ist eine Milchschleuder dargestellt (Bechtolsheim), bei der die Milch in dünnen Schichten einen langen Weg zurücklegt und daher die Sahne in sehr vorteilhafter Weise abgiebt. In der cylindrischen Trommel T, die mit einem aufgeschraubten kegelförmigen Ringdeckel abgeschlossen ist, befindet sich eine grössere Zahl kegelförmiger Einlagen s aus Blech, welche durch aufgelötete Drahtstücke in gleicher Entfernung gehalten werden. Die in der Mitte aus dem Gefässe A zulaufende Milch bewegt sich nun in dünnen Schichten abwechselnd von innen nach aussen und von aussen nach innen, um zugleich allmählich, also stossfrei, in Mitrotation zu gelangen. Der dadurch ausgeschleuderte Rahm steigt in der Mitte der Trommel aufwärts und fliesst durch die obere Öffnung über den Teller C und das Rohr R ab, während die Magermilch vermöge der Fliehkraft durch mehrere schräg gestellte Röhren e in den Raum E getrieben wird und durch das Rohr M abfliesst. Die Trommel ruht auf der Achse X, die sich in einem langen Halslager dreht und mittels eines Holzfutters u in der Weise an die Drehachse u t angeschlossen ist, dass sie von dieser durch die Schnurscheibe i in Umdrehung versetzten Achse durch Reibung mitgenommen wird.

C. Waschmaschinen.

Im weiteren Sinne versteht man unter Waschen ein Arbeitsverfahren, welches dazu bestimmt ist, gewisse Körper von Teilen zu befreien, die der Verwendung oder Verarbeitung derselben für bestimmte Zwecke hinderlich sind oder als Verunreinigungen denselben anhängen, wenn diese Absonderung mit Hilfe von Wasser vorgenommen wird. So bezeichnet man mit Kohlenwäsche, Erzwäsche u. dergl. den Prozess, durch den Kohlen, Erze etc. von unbrauchbaren Teilen, taubem Gestein etc. mittels Wasser befreit werden, während es sich bei der Wäsche von Kartoffeln, Rüben, Hadern, Geweben, Garn etc. um Beseitigung von Verunreinigungen mittels Wasser handelt. Im allgemeinen bedingt die Beschaffenheit der fortzuschaffenden Teile nicht nur die Waschmethode, sondern wesentlich auch die mechanischen Mittel, also die Anordnung der Waschmaschinen. Einerseits stimmt ein erheblicher Teil der mit Waschen bezeichneten Aufgabe mit demjenigen Verfahren überein, das bereits S. 928 u. s. f. unter Siebsetzen, Schlämmen u. s. w. näher erörtert ist. — Zur Beseitigung lose anhängender oder in Wasser aufweichender oder lösbarer Teile bedient man sich andererseits einfacher Trommeln aus Latten, gelochtem Blech, Drahtgewebe nach Art der Fig. 842 und 843, S. 926, sowie Fig. 399, S. 450 beschriebenen in der Weise, dass man sie in passenden Bottichen in Drehung versetzt, denen Wasser in genügender Menge zuströmt, während die zu waschenden Körper (Kartoffeln, Rüben u. dergl.) die Trommeln passiren.

Sind die Verunreinigungen dahingegen mit dem Waschmaterial derart fest verbunden, z. B. durch Verklebung (Schlichte in Geweben, Wollschweiss an Schafwolle, aufgedruckte Farben auf Hadern u. s. w.), dass eine einfache Behandlung mit Wasser zur Entfernung nicht genügt, so muss dem eigentlichen Waschen eine Vorbereitungsarbeit vorausgehen, welche den Zweck hat, häufig unterstützt von chemisch wirkenden Lösungsmitteln (Laugen), die fortzuschaffenden Substanzen zum Wegspülen mit Wasser

geeignet zu machen. Diesem Vorgang gemäss giebt man denn auch den Waschmaschinen eine Einrichtung, welche sowohl für diese Vorbereitungsarbeit (Einweichen) als auch für das eigentliche Waschen oder Ausspülen dienen kann. Da ferner der Waschprozess allein durchgeführt werden kann, wenn unter entsprechender Erneuerung von Wasser die aufgelösten Substanzen unausgesetzt von dem Waschmaterial durch Bewegung zwischen letzterem und dem Wasser getrennt werden, so besteht das Wesen der Waschmaschinen in denjenigen Vorrichtungen, welche diese Bewegung hervorrufen. In vielen Fällen genügt es, das Waschmaterial einfach durch das Wasser zu bewegen; in anderen Fällen ist es erforderlich, diese Bewegung unter gleichzeitiger Anwendung eines mehr oder weniger starken Druckes vorzunehmen, so dass hiernach die Waschmaschinen in zwei Klassen eingeteilt werden können.

Zu der ersten Klasse gehören diejenigen Waschmaschinen, welche aus einem Bottich oder Trog mit einer Rührvorrichtung bestehen, welche das Material fortwährend untertaucht und fortschiebt und am weitesten in den Wollwaschmaschinen und den sog. Waschholländern zur Entwicklung gekommen, sowie vorbildlich geworden sind und in zahlreichen Abweichungen ausgeführt werden.

Zum Verständnisse kann die in Fig. 862 skizzirte dienen. Der Bottich A mit dem Siebboden B hat die Form eines Schiffes. Die Wolle tritt, durch das endlose Tuch a zugeführt, bei b in den Bottich ein, um sofort von der hohlen Kupfertrommel C gefasst und untergetaucht zu werden. Sodann liegen um horizontale Achsen x drehbar auf den Rändern des Bottichs

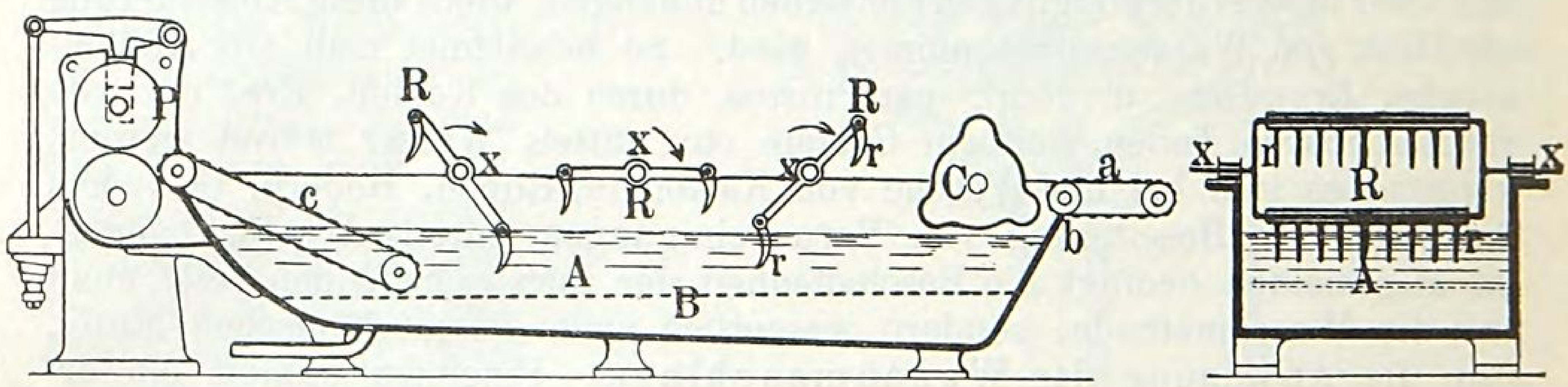


Fig. 862.

drei Systeme R von Rechen, welche in der Richtung des Pfeiles sich bewegen, die stets auftauchende Wolle fassen, untertauchen und fortschieben, so dass diese zuletzt auf das endlose Tuch c und von hier in die Walzenpresse P und, auf diese Weise von der Lauge grösstenteils befreit, mittels eines anschliessenden Speisetuches a in den nächsten Bottich oder in einen untergeschobenen Wagen etc. gelangt. Die hier angewandten Rechen r, r schweben um die gekröpften Wellen x x und schieben daher die Wolle infolge der Drehung vorwärts, wenn ihr Gewicht im Stande ist, den erforderlichen Druck auszuüben.

Nebst dieser einfachsten Anordnung bestehen zahlreiche Ausführungen, welche sich hauptsächlich von der genannten dadurch unterscheiden, dass die aus Rechen hergestellten Rührer durch Gelenke zwangläufig bewegt oder durch Tauchtrommeln ersetzt werden. — Kleinere Waschmaschinen dieser Art bestehen häufig aus einem länglich runden Bottich, in dem eine

Scheidewand eingesetzt ist, welche den Bottich in einen endlosen Kanal verwandelt. In diesem Kanal dreht sich ein Schaufelrad, welches einen ununterbrochenen Strom des Wassers durch den Kanal hervorbringt und zugleich das infolge dieser Strömung stetig zufliessende Waschgut untertaucht und fortschiebt. In dieser Form dient die Waschmaschine in der Papierfabrikation zum Waschen der Hadern, des Halbzeuges nach der Bleiche u. s. w.

Bei grösseren Waschanlagen (Wollwäschereien etc.) kommen häufig mehrere grosse Waschmaschinen (Leviathan) unmittelbar hintereinander in der Weise nach dem Gegenstromprinzip zur Anwendung, dass man sie terrassenförmig in der Längenrichtung hintereinander aufstellt, das Waschgut zuerst der unteren übergiebt, dann in die zweite, darauf in die dritte hebt und aus dieser abführt, während gleichzeitig das Wasser zum Spülen in die dritte Maschine, zum Waschen aus der dritten in die zweite, zum Einweichen unter Zusatz frischer Lauge in die erste Maschine und aus dieser verbraucht abfliesst. Zur Überführung der Waschflüssigkeit von einem Leviathan in den anderen dienen Verbindungsröhren, welche mitunter mit einem Dampfstrahler (S. 350) ausgestattet sind, der unter gleichzeitiger Wiedererwärmung die Förderung des Wassers von einem Bottich in den anderen vermittelt.

Die zweite Klasse umfasst, je nach den Mitteln, welche zur Hervorbringung eines gewissen Druckes zur Anwendung gelangen, Waschmaschinen von sehr verschiedener Anordnung.

Ist das Waschgut von solcher Beschaffenheit, dass es ohne Gefahr der Beschädigung einer kräftigen mechanischen Einwirkung nicht unterworfen werden kann (leichte, namentlich grossmaschige Gewebe u. dergl.), so begnügt man sich damit, das eigene Gewicht desselben als Druck- oder Fallgewicht zu benutzen. Zu dem Zwecke steht das sog. Waschrad in Anwendung. Man versteht darunter eine cylindrische hölzerne Trommel von etwa 2 *m* im Durchmesser und 43 *cm* Länge, welche durch vier radiale Wände in vier Fächer oder Zellen geteilt, an beiden Enden durch Böden abgeschlossen und um eine horizontale Achse drehbar gelagert ist. In einem der Böden befinden sich vier ovale verschliessbare Öffnungen, durch welche das Waschgut in die Zellen geschoben wird, während durch einen im Kreise verlaufenden Schlitz des anderen Bodens mittels eines Rohres Wasser in die Trommel gelassen werden kann, das durch passend angebrachte Löcher oder durch denselben Schlitz wieder abläuft. Indem das Rad von einer Transmission mit etwa 10 bis 20 minutl. Umdrehungen in Bewegung gesetzt wird, hebt es das zusammengerollt einer Zelle übergebene Zeugstück so weit mit empor, bis die Scheidewand in eine bestimmte geneigte Lage geraten ist, worauf das Waschgut an dieser Wand mit Beschleunigung herunterrollt und gegen die Achse fällt, um sodann bei der zweiten Hälfte der Drehung auf dieselbe Weise gegen den Mantel zu fallen. Dasselbe unterliegt daher bei einer Umdrehung zweimal einer Stosswirkung, deren Grösse unter sonst gleichen Umständen von dem Durchmesser der Trommel abhängt, weil dieser die Fallhöhe bestimmt.

Eine aus dem Waschrad hervorgegangene Waschmaschine (Doppeltrommelwaschmaschine, Schimmel) besteht aus einer mehrfach, z. B. vierfach gewellten Trommel mit gelochten Wandungen, die das Waschgut aufnimmt und sich um eine horizontale Achse in einer zweiten Trommel

dreht. — Die sog. einfache Trommelwaschmaschine unterscheidet sich von der obigen dadurch, dass nur eine aus Wellblech hergestellte Trommel, mit einer diagonalen Achse versehen, einige Drehungen abwechselnd von links nach rechts und umgekehrt ausführt.

In einzelnen Fällen (z. B. bei verschiedenen Appreturarbeiten) genügt sogar ein einfaches Durchziehen des Waschgutes durch Wasser, so dass sich die Waschmaschine zu einer drehenden Walze oder Spule vereinfacht, welche über einem Wassertrog liegt und das Waschgut mittels Abwickeln durch das Wasser zieht.

Bedarf dahingegen das Waschgut einer kräftigeren Einwirkung durch stärkeren Druck, so verwendet man zur Erzeugung des letzteren mit grossem Erfolge zwei Walzen, die gegen einander gepresst werden und zwischen welchen das Waschgut hindurchgeht. Die auf solche Weise gebildete Walzenwaschmaschine ist in Bezug auf ihre Wirksamkeit leicht den verschiedenen Bestimmungen anzupassen und deshalb von allen Waschmaschinen die verbreitetste geworden. Je nachdem diese Maschine das Waschgut, z. B. ein Gewebe, Filz u. dergl., der ganzen Breite nach ausgespannt oder in der Breite faltig zusammengeschoben bearbeiten muss, unterscheidet man Breit- und Strangwaschmaschinen.

Eine mustergiltige Breitwaschmaschine (Hemmer) ist durch Fig. 863 veranschaulicht. Man erkennt zunächst bei A das Walzenpaar, dessen untere kupferne Walze direkt von einer Riemenscheibe angetrieben wird. Die obere Walze besteht aus Hartgummi mit einem Überzug von Weichgummi, ist in den Lagern beweglich und wird durch Spiralfedern, welche mittels der Traverse t auf die Lager wirken, mit nachgiebigem und leicht zu regelndem Drucke gegen die untere Walze gepresst und von dieser durch Reibung mitgenommen. Das zu waschende Zeug Z wird mit den Enden zusammengenäht, zwischen die Walzen gebracht und von diesen unter entsprechendem Drucke durch den mit Waschflüssigkeit versehenen Waschtrog B gezogen, der unter dem Walzenpaar liegt und und daher die ausgepresste Flüssigkeit wieder auffängt. Zur Fortschaffung des Zeuges dient die Lattenwalze i, welche dasselbe in den Trog E, E leitet, aus dem es je nach Bedürfnis mehrere Male den Weg wiederholt. Zur Sicherung des Erfolges ist es notwendig, das Gewebe vollkommen faltenlos und in einer gewissen Spannung zu erhalten. Zu dem Zwecke wird dasselbe über das schwer drehbare Prisma a, die Leitwalze b, die gezahnten Anzugswalzen c und e, den Breithalter d und die Streichlatte f in den Waschtrog B geleitet, hier durch die Walze g untergetaucht und darauf über den Breithalter h den Presswalzen A zugeführt. Ein zweiter Breithalter l

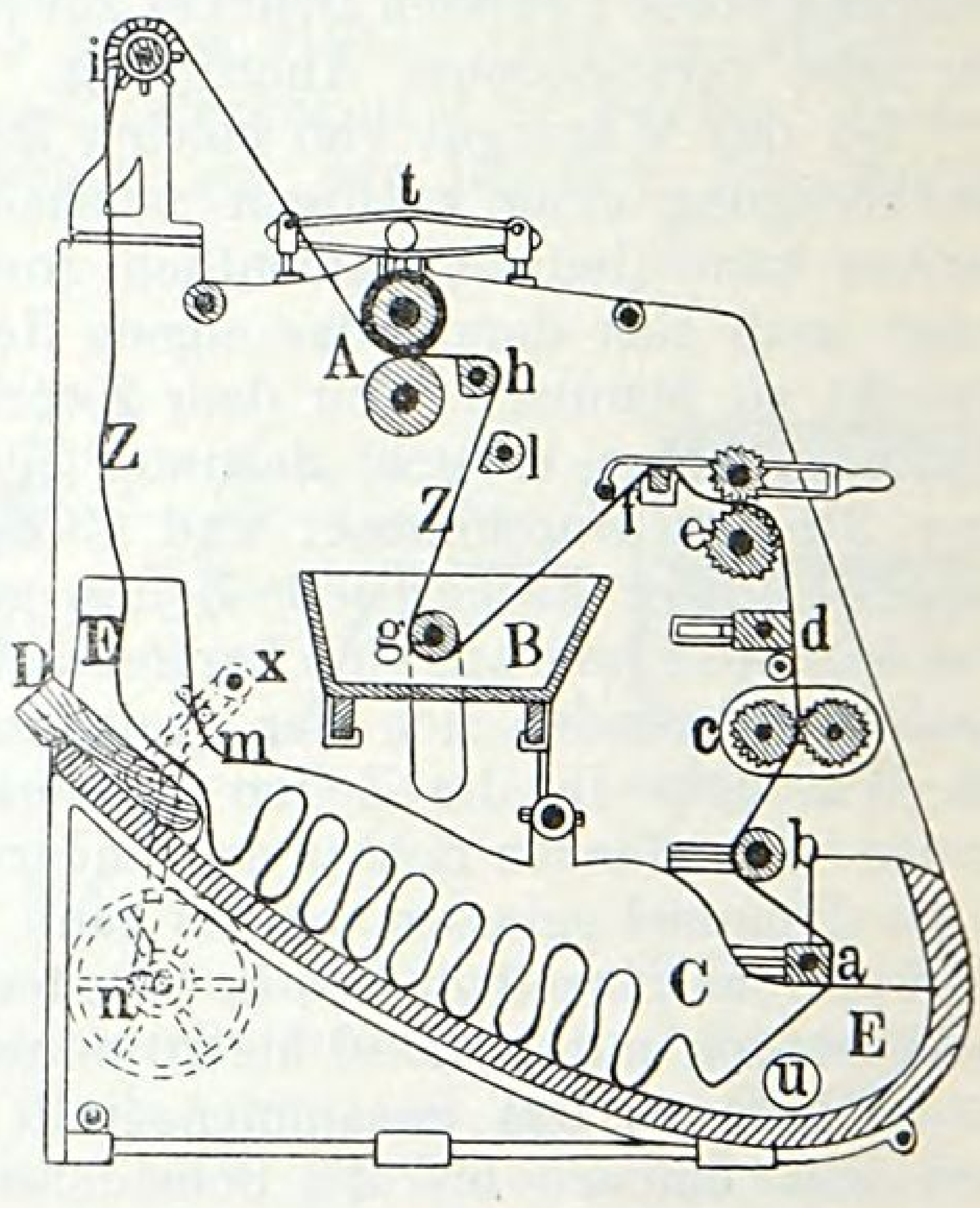


Fig. 863.

lässt sich durch Drehung auch in das Bereich des Stoffes bringen, um die Breithaltung an beiden Seiten zu bewerkstelligen. Um ein gleichmässiges Fortschieben des Stoffes auf dem Boden zu bewerkstelligen, ist bei D ein Brett von der ganzen Breite der Maschine angebracht, welches an einem Gelenke m hängt und von der Kurbel n mit Schubstange um die Achse x in Schwingung gesetzt wird Zum Ablassen des im Waschtroge sich ansammelnden Wassers dient das Abzugsrohr u. Die beiden Wände C lassen sich nach der Breite des Stoffes einstellen.

Die Strangwaschmaschine unterscheidet sich von der Breitwaschmaschine wesentlich nur durch die Form der Walzen, welche für erstere gewöhnlich aus hartem Holze angefertigt und auf der Oberfläche mit drei bis fünf herumlaufenden Rillen versehen sind, so dass die Erhöhungen der einen Walze in die Rillen der anderen eintreten. Dadurch entstehen ebensoviele kanalartige Durchgänge, welche die quer zusammengelegten Zeugstücke passiren. Ausserdem entbehrt die Maschine die mit a, b, c, d, e, f, g, h und D bezeichneten Teile, indem die Zeugstücke von einer Walze i abgezogen ohne weiteres und, nur durch Löcher eines Löcherbrettes geführt, der Walzenpresse (Clapeau) zulaufen. Die Waschflüssigkeit befindet sich dann auf dem Boden des Waschtroges, während der Kasten B das Schmutzwasser auffängt und abführt, das durch A ausgepresst wird.

Zur Hervorbringung der kräftigsten Wirkung dienen die Waschhämmer, bei welchen im Bogen niederfallende schwere Hammerklötze durch Stoss das Waschgut bearbeiten, welches in einem Trog liegt. Zur Vermeidung der immerhin nicht ungefährlichen Stosswirkung werden neuerdings allgemein die Hämmer in der durch Fig. 864 (Schimmel) veranschaulichten

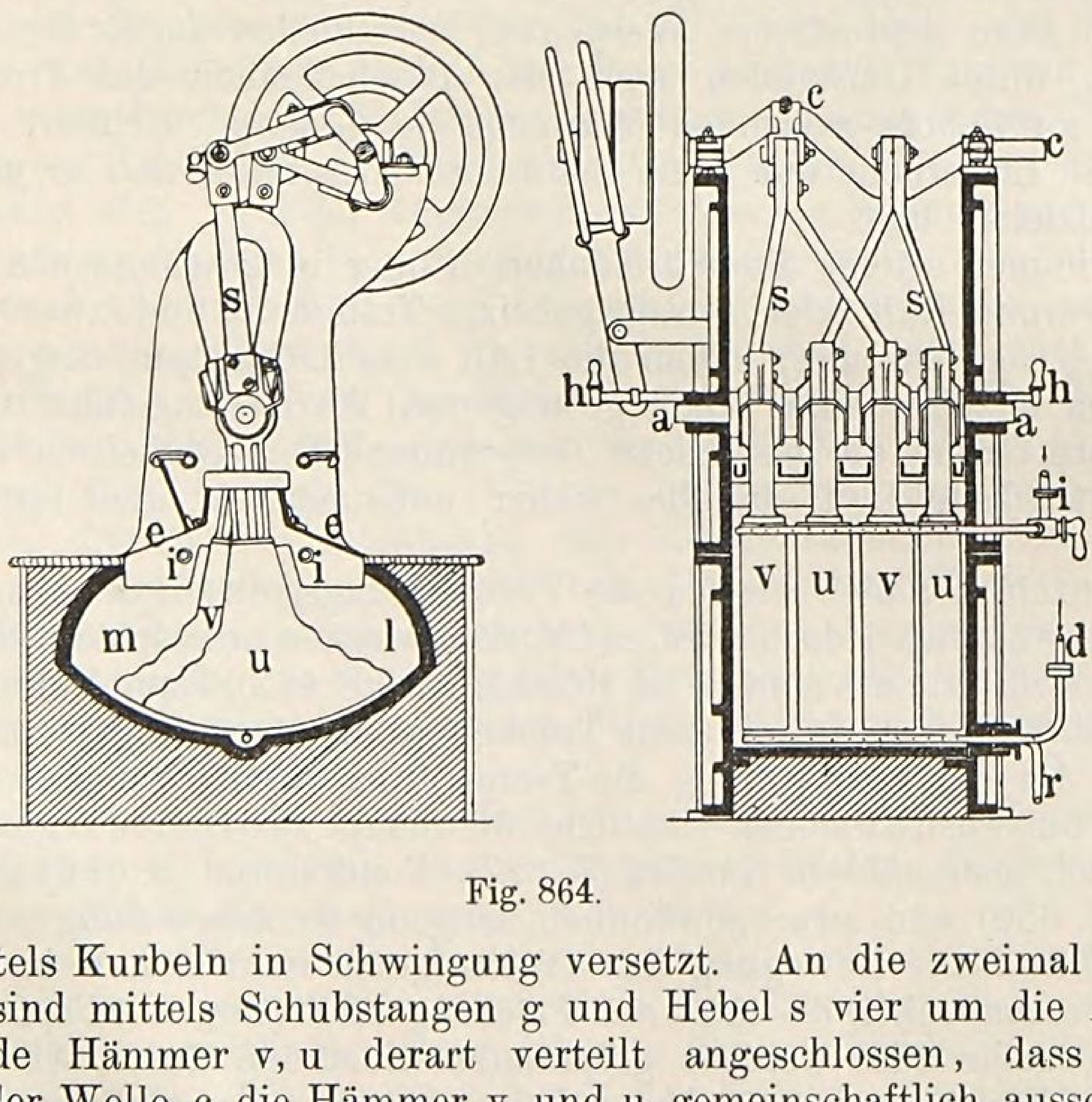


Fig. 864.

Weise mittels Kurbeln in Schwingung versetzt. An die zweimal gekröpfte Welle c c sind mittels Schubstangen g und Hebel s vier um die Achse a a schwingende Hämmer v, u derart verteilt angeschlossen, dass bei der Drehung der Welle c die Hämmer v und u gemeinschaftlich ausschwingen.

Zur Aufnahme des Waschgutes sind zwei Räume l, m mit Deckeln e, e vorhanden, so dass infolge der entgegengesetzten Schwingungen der zu dem Zwecke symmetrisch geformten Hämmer zwei Partien gleichzeitig bearbeitet werden können. Ein Dampfrohr d führt Dampf in die durch i zugeleitete Waschflüssigkeit, die durch das Rohr r abgelassen werden kann.

D. Trockenmaschinen.

Die von einzelnen Stoffen festgehaltene Flüssigkeit füllt entweder die Zwischenräume (Poren, Kanäle) auf Grund der Haarröhrchenkraft aus und kann darum passend Kapillarflüssigkeit genannt werden, oder sie haftet nur durch Flächenanziehung oder Adhäsion auf der Oberfläche und heisst deshalb zweckmässig Adhärenzflüssigkeit. — Indem sich bei elastischen Stoffen durch äusseren Druck die Zwischenräume zusammendrücken lassen, ist die Möglichkeit gegeben, die Kapillarflüssigkeit mit denselben mechanischen Mitteln (Pressen, Schleudern S. 934) zu entfernen, welche zur Absonderung von Stoffen mit verschiedenem Aggregatzustande dienen. Dahingegen ist die Absonderung der Adhärenzflüssigkeit nur durch Überführung in den gasförmigen Zustand möglich, die auf der Verdunstung der Flüssigkeit beruht und Trocknen genannt wird. Da die Verdunstung eine wesentliche Förderung durch den Einfluss von Wärme und möglichst starken Wechsel der Luft als Träger der Wärme erfährt und da andererseits das Trockengut nur so lange dem Trockenprozesse ausgesetzt werden soll, als zur Wasserentziehung ausreicht, so besteht jede Trockenanlage aus einer Vorrichtung zur Wärmezuführung, einer Vorrichtung zum Luftwechsel und einer Vorrichtung zur Bewegung des Trockengutes. Jede dieser Vorrichtungen kann begreiflicher Weise sehr verschieden angeordnet sein und muss sich unter Umständen nach der Beschaffenheit des Trockengutes, nach der zu Gebote stehenden Wärmequelle u. dergl. richten, wie auch vielfach die Lufterneuerung ohne besondere Hilfsmittel sich in genügender Weise vollziehen lässt.

Fast immer erfolgt die Wärmeübermittlung in geschlossenen Kammern durch erwärmte Luft oder durch geheizte Trommeln und zwar nach dem Prinzip des Gegenstromes, indem die Luft dem Trockengut entgegenbewegt oder indem letzteres einer stetig gesteigerten Wärme zugeführt wird, weil die grössere Wärme die bis zuletzt festgehaltene Feuchtigkeit zu verdunsten und die trockene Luft dieselbe sicher aufzunehmen und fortzuschaffen vermag.

In einzelnen Fällen werden die Verbrennungsgase direkt zum Trocknen benutzt; gewöhnlich jedoch wird zu Trockenzwecken atmosphärische Luft dadurch vorgewärmt, dass man sie an Heizkörpern (S. 442), Dampfröhren u. dergl. entlang führt, bevor sie mit dem Trockengut in Berührung kommen, weil bei dieser Art der Vorwärmung die Temperaturregelung am einfachsten ist.

Zum Luftwechsel stehen sämtliche überhaupt zur Luftbewegung brauchbaren Mittel, insbesondere Kamine (S. 327), Ventilatoren (S. 896) und Dampfstrahler (S. 350) und zwar gewöhnlich saugend in Anwendung.

Die Mittel zur Bewegung des Trockengutes richten sich hauptsächlich nach der Beschaffenheit des letzteren. Flächengebilde (Gewebe, Papier u. dergl.) werden in mehr oder weniger gespanntem Zustande durch Ab- und Aufrollen, Durchschieben in hängenden Falten bewegt; Sammelkörper bedürfen

der Unterstützung auf gelochtem Blech (z. B. Darrbleche), auf Rahmen mit gelochtem oder geflochtenem Boden (Hürden) oder liegen auf Förderbändern (S. 752) in Becherwerken (S. 798), in Wagen (S. 746) und gelangen mit diesen Transportmitteln durch die Trockenkammern, sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung.

Die Trockenkammern bilden gewöhnlich viereckige, selten cylindrische Räume, oft in Form von Kanälen, wenn z. B. das Material auf Wagen getrocknet wird oder von Schächten oder Türmen für Becherwerke, absteigende Hürden u. dergl.

Aus Fig. 865 geht die gewöhnliche Form einer Trockenkammer und eine vielfach benutzte Vorrichtung für Lufterwärmung, Luftwechsel und

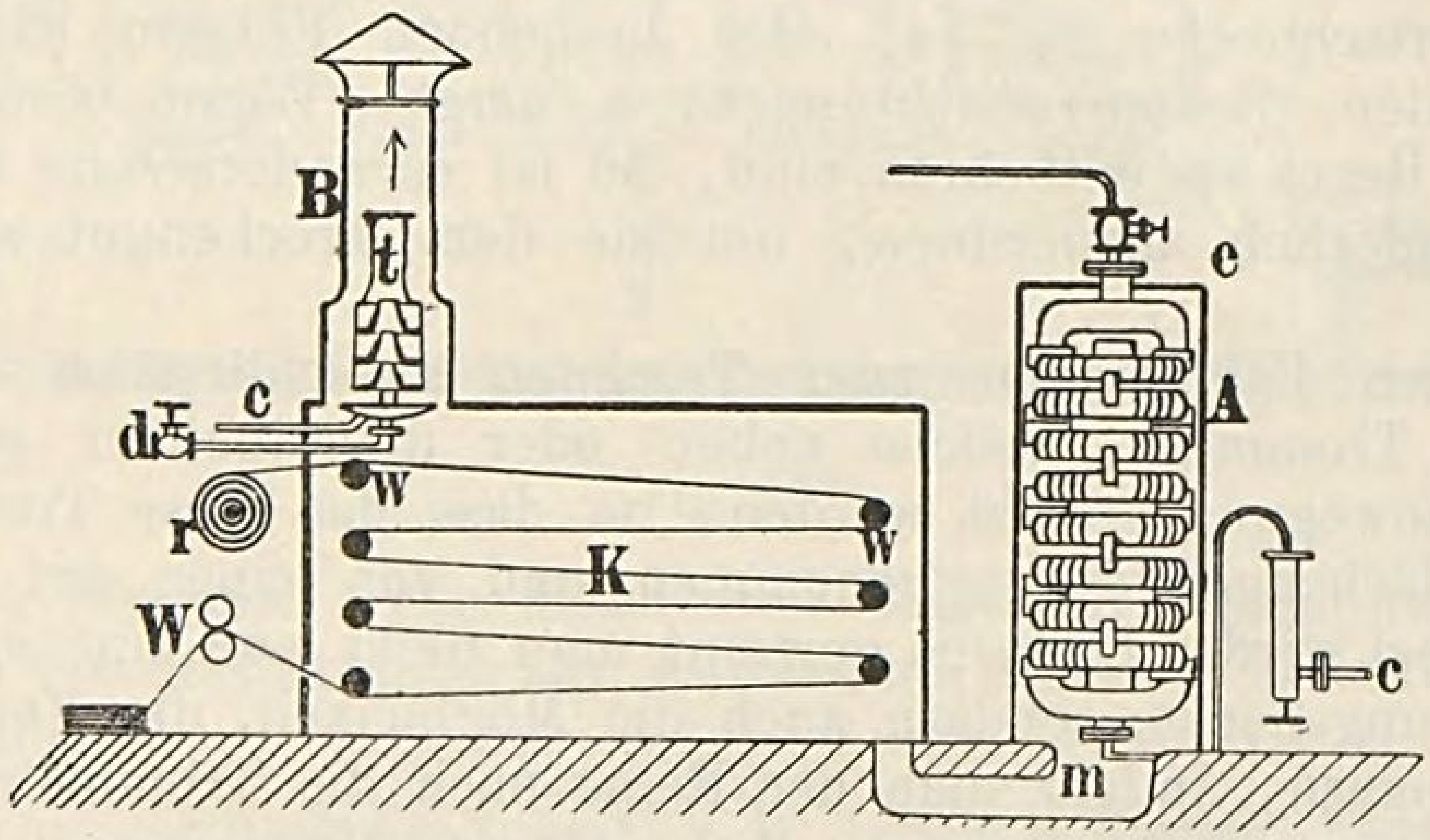


Fig. 865.

Bewegung des Trockengutes hervor. Die aus Stein, Holz oder Eisenblech hergestellte, mit einer Thür und in der Regel auch mit Fenstern versehene Kammer K steht durch den Kanal m mit einer kleinen Kammer A in Verbindung, in der sich ein Heizkörper aus Ringelementen befindet, der von einer Dampfleitung geheizt wird. Auf der Kammer K ist ferner ein Kamin B mit dem durch das Dampfrohr d gespeisten Dampfstrahlgebläse t angebracht, das bewirkt, dass die mit Wasser gesättigte Luft aus K ausgesogen und trockne bei e eintretende und in A erwärmte Luft durch m angesogen wird Das zum Trocknen bestimmte Gewebe wird von der Walze r abgewickelt, in der Kammer K von Walzen w geführt und gespannt und von dem Walzenpaar W angezogen, so dass es sich dem heissen Luftstrom entgegenbewegt. Die Röhren c, c dienen zur Abführung des Kondensationswassers. — Zum Trocknen von Sammelkörpern werden in der Kammer K drei oder vier endlose Tücher übereinander angebracht, welche abwechselnd links und rechts etwas vorstehen, so dass bei ihrer Bewegung das am Ende herunterfallende Trockengut von dem unteren Tuche aufgefangen und zuletzt aus der Kammer geführt wird.

Die Trockentrommeln bieten dadurch grundsätzliche Verschiedenheiten, dass zum Trocknen bestimmte Sammelkörper im Innern, Flächengebilde an der äusseren Fläche derselben getrocknet werden.

Im ersten Fall besteht die ganze Anlage aus einer cylindrischen Trommel mit geneigter Achse oder einer Kegeltrommel mit horizontaler Achse, welche nach Art der Trommelsiebe (S. 926) beschickt und gedreht werden, so dass das Trockengut je nach der Neigung der Achse oder der

Grösse des Kegelwinkels mehr oder weniger schnell unter fortwährendem Wenden die Trommel passirt, um dieselbe getrocknet zu verlassen. Die Zuführung der Wärme erfolgt je nach der Beschaffenheit des Trockengutes von aussen, indem man die Trommel von Feuergasen umspülen lässt wie bei einem Trommelofen (Fig. 385, S. 431) oder indem man einen Strom von Feuergasen oder erhitzter Luft durch die Trommel leitet (Fig. 377, S. 423) oder indem man die Trommel doppelwandig herstellt und mit Dampf den Zwischenraum heizt, oder indem man die Trommelwand aus einem Lattengerüst, Drahtgewebe oder gelochtem Blech herstellt und von unten heisse Luft dagegen führt, welche das Trockengut durchstreicht und nach oben mit Wasser gesättigt abzieht. — Zur Förderung der Bewegung und des Wendens versieht man mitunter das Innere solcher Trommeln mit einer Transportschnecke (S. 754) oder drehenden Flügeln (S. 927), vorstehenden Teilen (Schöpfvorrichtungen) u. dergl. Wenn einerseits diese Mittel in der Regel zu entbehren sind, so ist es andererseits ratsam, die Neigung veränderlich anzuordnen, um sie dem Trockengut anpassen zu können.

Im zweiten Fall dienen zum Trocknen ausschliesslich cylindrische dampfgeheizte Trommeln, welche neben- oder übereinander gelagert sind und in Drehbewegung gesetzt werden, so dass das diese Trommeln umschlingende Flächengebilde mitgenommen und von einer auf die andere Trommel geführt wird. Dadurch gewinnt man nicht nur eine entsprechend grosse Berührungsfläche, sondern auch die Möglichkeit, die Verdampfungswärme zu steigern, indem man der Reihe nach die Trommeln mit höher gespanntem Dampf (S. 280) speist. Je nach der Bestimmung beträgt die Zahl der Trommeln 3 bis 30 und noch mehr. Der höchst gespannte Dampf tritt in die letzte, der niedrigst gespannte in die erste Trommel ein, oft übrigens in der Weise, dass derselbe Dampf sämtliche Trommeln durchströmt, wobei das kondensirte Wasser durch einen Heber (S. 152) abgeführt wird. — Um die Wärme möglichst vorteilhaft auszunutzen, ist bei der Anordnung der Trommeln besonders darauf zu achten, dass der grösste Teil ihrer Oberfläche von dem Trockengut (Gewebe, Papier etc.) bedeckt und letzteres gehörig angedrückt wird, was bei Papier z. B. durch mitlaufende endlose Filze bewerkstelligt wird.

Das Wesen einer solchen Cylindertrockenmaschine zum Trocknen von Geweben führt Fig. 866 vor Augen. Auf einem Doppelgestelle G ruhen drehbar in zwei Reihen übereinander neun Trockentrommeln a aus Kupfer, sämtlich von Zahnrädern mit gleicher Geschwindigkeit angetrieben. Der Heizdampf gelangt durch das Zuleitungsrohr d mit Absperrventil v in das Dampfrohr D, D und von diesem durch die angeschlossenen Röhren r in die Trommeln, während das Kondensationswasser aus den anderen Cylinderenden austritt und in ein zweites mit D parallel gelagertes Rohr gelangt, um durch ein Rohr p zu einem Kondensationstopf zu gelangen. Das Gewebe wickelt sich von dem Baum A ab, wird durch zwei stellbare Stäbe b gespannt und von einer Leitwalze aus über sämtliche Trommeln a, a geführt, um über e, f, g abgezogen und zu dem Fächer g i geleitet zu werden, der dasselbe in Falten auf einen Tisch ablegt. Dieser Fächer besteht aus einem Rahmen g i, der durch Zugstangen z von der Welle x in Schwingung versetzt wird und dadurch das von dem Walzenpaar i vorgezogene Gewebe in Falten legt. — Um die Kupfertrommeln gegen

das Zusammendrücken durch die äussere Luft zu schützen, wenn nach Abstellen des Dampfes sich infolge der Kondensation eine Luftverdünnung im Innern bildet, tritt bei einer Vakuumbildung durch ein Luftventil

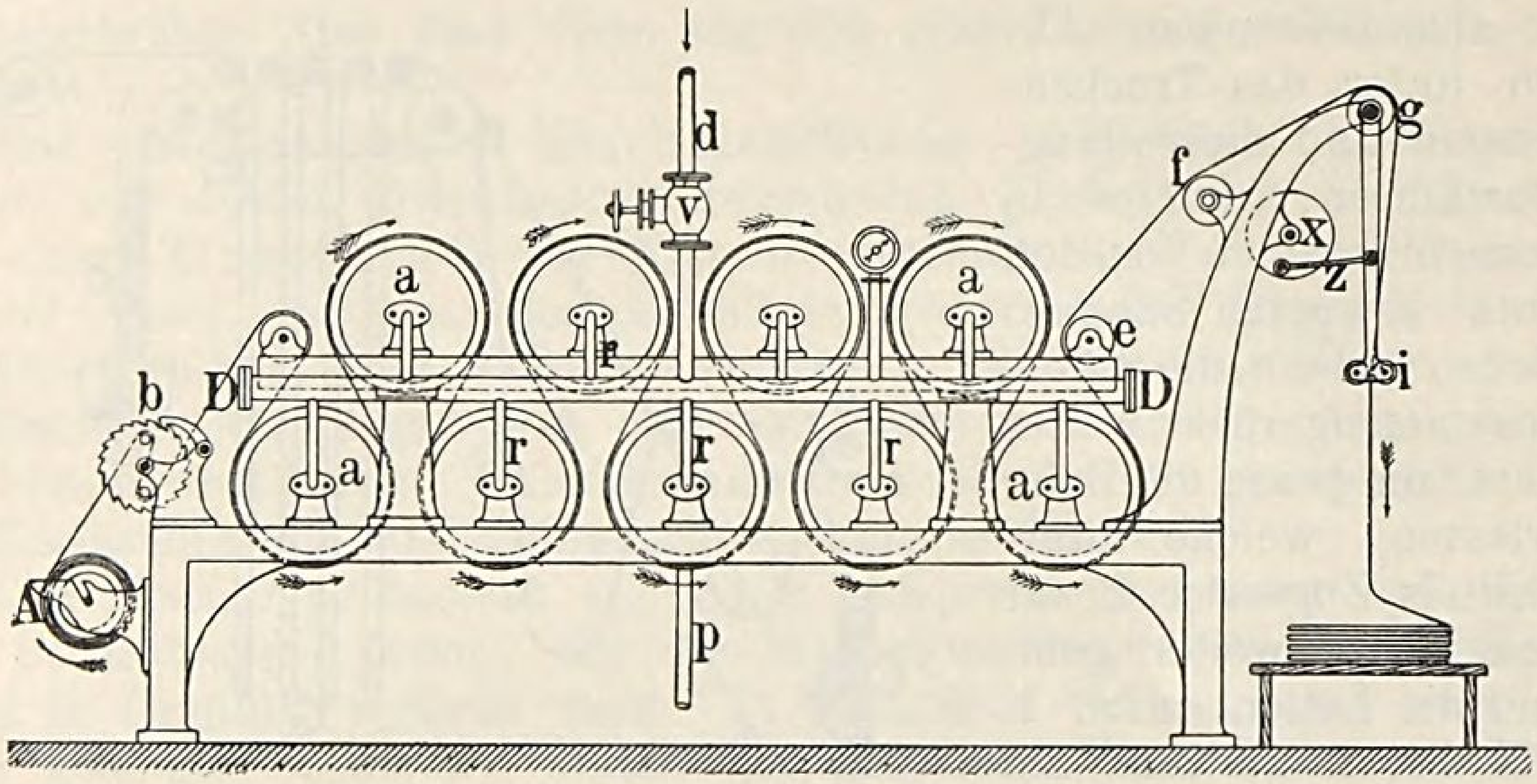


Fig. 866.

Luft in jede Trommel. Ein Manometer dient zur Erkennung des Dampfdruckes, ein Sicherheitsventil zur Entlastung und ein Reduktionsventil zur Dampfregelung.

Stoffe von geringer Festigkeit, z. B. feuchtes Papier, bedürfen während des Laufes durch die Trockenmaschine eines Trägers, der sie nicht nur trägt, sondern auch an die Trommeln andrückt, damit sie der Einwirkung der Wärme günstig dargeboten werden. Man bedient sich dazu besonderer Gewebe aus Wolle F (Filz), welche, wie Fig. 867 erkennen lässt, um die Trockentrommeln laufen und die zu trocknende Papierbahn p mitnehmen. Am zweckmässigsten erhält jede der Trommeln I, II, III etc. ihren eigenen Filz, der über Walzen geführt wird, unter denen sich je eine grössere 1, 2, 3 etc. befindet, die mit der Dampfheizung in Verbindung steht, um den Filz von dem eingesogenen Wasser durch Verdampfen zu befreien.

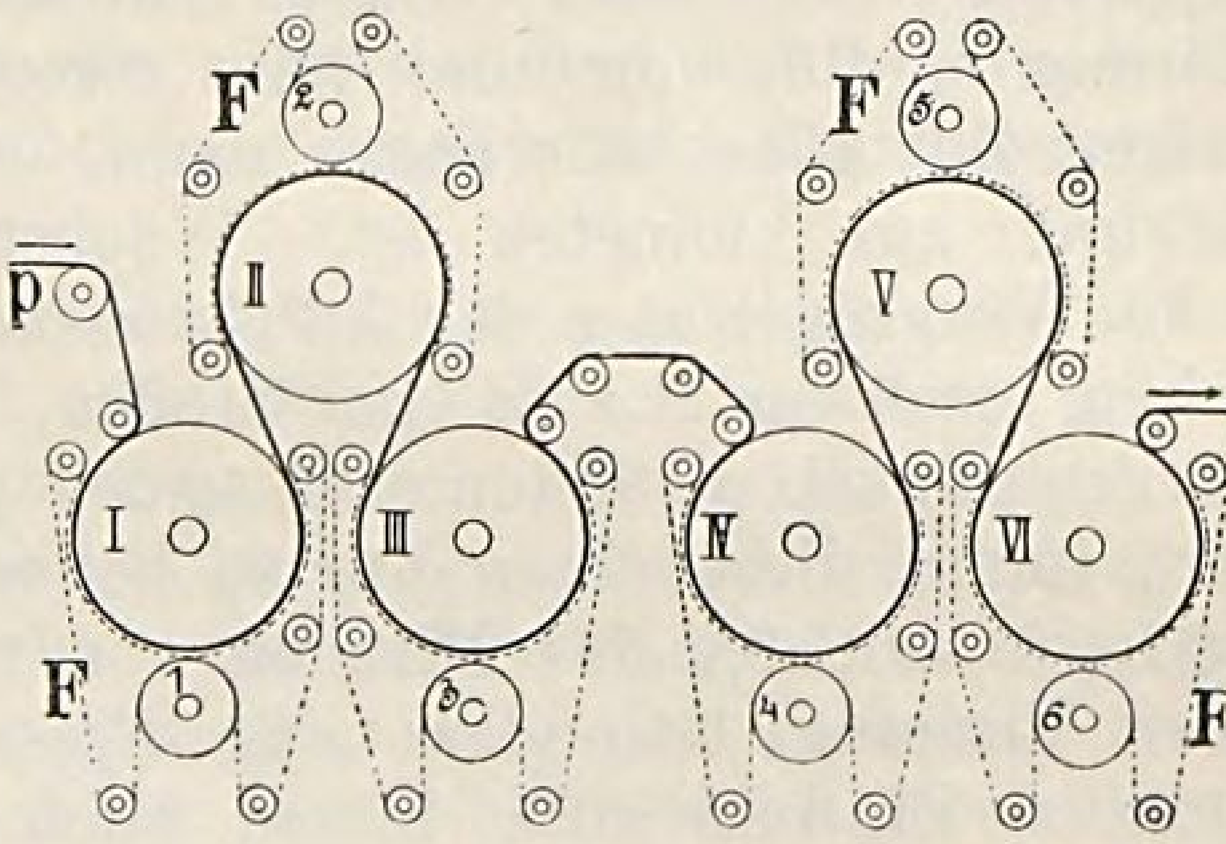


Fig. 867.

Um lange Bahnen von Papier in Tapetenfabriken, von Geweben in Appreturanstalten u. dergl. ohne Spannung zu trocknen, hängt man sie in langen Falten (Hängen) auf, indem man sie auf Stäbe legt, welche auf Latten gehoben werden, die unter der Decke des Trockenraumes angebracht sind. Um diese Arbeit ohne Hand ausführen zu können, bedient man sich der sog. Hängemaschinen. Dieselben bestehen (Fig. 868) in der Grundeinrichtung aus zwei schräg aufsteigenden Bändern f f, welche in zwei horizontalen Bändern g h ihre Fortsetzung finden. In dem Behälter n

befindet sich ein Vorrat von Hängestäben, welche durch das eigene Gewicht in einer Rinne hinunterfallen. An den Bändern f f sind Greifer i befestigt, die an der aufsteigenden Seite die Latten einzeln erfassen und mitnehmen, so dass sie sich in leicht abzumessenden Abständen unter das Trockengut F legen und dieses langsam fortführen, um es in Falten zu bringen. Von den horizontal bewegten Bändern g h werden sodann die Stäbe, nahe zusammengerückt, weiter gefördert, um bei m die Bahn zu verlassen, welche ihrerseits mittels Zugwalze k zur Aufwickelwalze weiter geht, während die Latten durch E nach H herunterfallen und nach dem Ausgangspunkte C zurückgebracht werden.

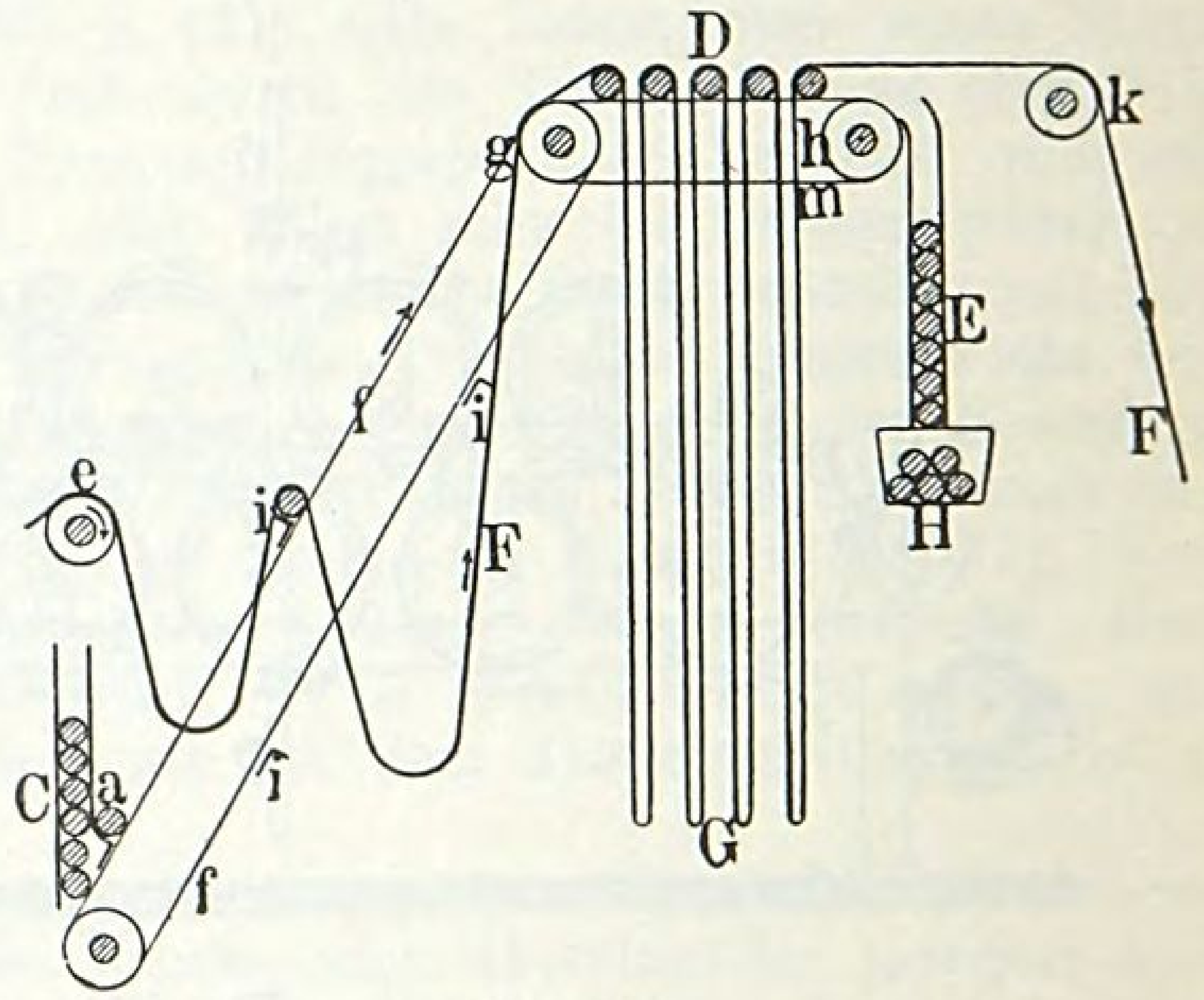


Fig. 868.

IV. Mischmaschinen, Knetmaschinen.

Da das Mischen von Stoffen in der Weise erfolgt, dass man diese unausgesetzt so lange durcheinanderschiebt, bis die gewünschte Mischung (Mengung) eingetreten ist, so hängt die Leichtigkeit des Mischens und das Ergebnis der Mischarbeit wesentlich mit ab von der Bewegbarkeit der Mischstoffe. Aus dem Grunde vollzieht sich am leichtesten das Mischen gasförmiger, flüssiger und fein verteilter fester Körper im trocknen oder flüssigen Zustande, überhaupt dann, wenn der Widerstand gegen die Verschiebung am kleinsten ist. Wächst dem gegenüber dieser Widerstand mit der Vergrösserung der Adhäsionskräfte, so wird in gleichem Maasse das Mischen erschwert, z. B. bei Stoffen, die sich im Zustande der Plastizität oder Bildsamkeit befinden. Dasselbe gilt von dem Ergebnisse der Mischarbeit, indem diese einen um so höheren Grad von Gleichförmigkeit hervorbringt, je leichter das Mischen von statten geht. — Naturgemäss übt bei diesem Vorgang besonders das Eigengewicht der Mischstoffe einen bedeutenden Einfluss aus, indem auch eine Entmischung am leichtesten eintritt, je weniger gleichfällig die einzelnen Stoffe sind (S. 929) und je grösser ihre Bewegbarkeit ist, wie ja pulverförmige Körper auf das sorgfältigste in Wasser gemischt sich nach dem verschiedenen spez. Gew. ausscheiden, während dieselben Körper in einem Teigzustande sich nicht entmischen können. — In manchen Fällen hat die Möglichkeit des Mischens sogar die Herbeiführung eines besonderen Zustandes zur Voraussetzung, z. B. durch Erwärmung (Wachs, Guttapercha, Asphalt u. s. w.) oder Auflösung (Zucker). In anderen Fällen wird dadurch das Mischen bequemer und vorteilhafter, sowie dem Zwecke der weiteren Verarbeitung der Stoffe dienlich (Mehlteig, Thonmasse, Kitte, Farben, Schwefel mit Kautschuk u. dergl.)

Eine Menge von Stoffen unterliegen nur zum Zwecke einer Vermischung der Zerkleinerung und der Absonderung. Deshalb werden auch

vielfach Zerkleinerungs- und Absonderungsmaschinen zugleich zum Mischen verwendet, indem man die in Betracht kommenden Stoffe in abgemessenen oder abgewogenen Mengen aufgiebt. Namentlich eignen sich zu dieser Doppelarbeit die Walzwerke, Mahlwerke, Kugelmühlen, Kollergänge und Schleudermühlen, so dass diese zugleich eine Klasse der Mischmaschinen umfassen.

Das mit besonderen Mischmaschinen ausgeführte Mischverfahren beruht auf einem Durcheinanderwerfen (Schütten, Schleudern) oder einem Durcheinanderrühren, weshalb auch die Mischmaschinen in zwei durch die genannten Verfahren charakterisirte Gruppen zerfallen.

Die Schütt- oder Schleuderwerke können ihrer Natur nach nur zur Mischung loser Haufwerke oder Sammelkörper dienen. Abgesehen von den bereits erwähnten Schleudermühlen kommen hier hauptsächlich nur die Mischtonne und die Mehlmischmaschine in Betracht.

Die Mischtonne besteht aus einer entsprechend grossen cylindrischen oder prismatischen Tonne, die um ihre geometrische oder eine diagonale Achse in Drehung versetzt wird. In derselben befinden sich radial nach innen geneigte Schienen, welche das Mischgut eine Strecke mit hinaufnehmen, dann fallen lassen und durcheinander schütten. — Die Mehlmischmaschinen sind entweder Mischtonnen oder einfache Stiftenschleudermaschinen nach Art des Dismembrators (S. 908) mit wagrechten Stiftenscheiben, zentrischem Einlauf von oben.

Einen bedeutenden Verwendungskreis dahingegen besitzen die Rührwerke, welche sich für alle Mischungszwecke geeignet einrichten lassen und daher auch in zahlreichen Ausführungen vorliegen.

Die Rührwerke wirken dadurch, dass sie die Mischkörper so lange durcheinander bewegen, bis letztere sich in gleichförmiger Verteilung gelagert haben. Je nach den Widerständen, welche dieser Bewegung entgegentreten und nach welchen daher die aufzuwendende Arbeit bemessen werden muss, ist die Wahl der Rührmittel zu treffen und die Konstruktion der Rührwerke durchzuführen.

Zur Mischung von Flüssigkeiten bedient man sich mit grossem Erfolge der sog. Rührgebläse, welche Luft oder Dampf durch siebartig gelochte Röhren oder Düsen in die Flüssigkeit einpressen. Die in Blasen verteilte Luft oder der Dampf versetzt die Flüssigkeit in eine Wirbelbewegung, welche ein schnelles Vermischen bewirkt. Die erforderliche Pressung hängt ab von dem Abstande des Flüssigkeitsspiegels, von der Lufteintrittsstelle und von der Beschaffenheit der Flüssigkeit, da dickflüssiges und schweres Mischgut (z. B. geschmolzenes Roheisen beim Bessemerprozess, Kleister beim Stärkekochen u. dergl.) der Bewegung bedeutend grösseren Widerstand entgegensetzt als dünnflüssiges. Obwohl man selbstverständlich zum Eintreiben von Luft jedes Luftfördermittel benutzen kann, so zieht man doch, wenn nicht eine Druckluftanlage (S. 206) zur Verfügung steht, Strahlgebläse allen anderen vor und zwar Dampfstrahlgebläse in allen Fällen, wo eine Erwärmung und Wasserzumischung gestattet ist.

Ein einfaches mechanisches Mittel zum Mischen von Flüssigkeiten besteht in einer gelochten Scheibe, welche an einer Stange sitzt und in den Mischflüssigkeiten auf- und abbewegt wird.

Die verbreitetsten Rührwerke dahingegen sind mit Rührvorrichtungen ausgestattet, welche sich stetig im Kreise bewegen und diese Bewegung

durch besondere Werkzeuge auf das Mischgut übertragen. Der Hauptsache nach bestehen sie daher aus horizontal oder vertikal gelagerten Wellen mit armen- oder flügelartigen Ansätzen, deren Gestalt, Anbringung und Grösse sich in erster Linie nach der Beschaffenheit des Mischgutes richtet. Ist letzteres dünnflüssig, so genügen stabartige Werkzeuge, welche radial oder achsial mit der Rührwelle verbunden sind; die aufgerührten Teile vereinigen sich wieder allein durch Zusammenfliessen infolge der Schwerkrafteinwirkung. Ist jedoch das Mischgut von solcher Konsistenz, dass ein Zusammenfliessen infolge der Schwerkrafteinwirkung nur sehr langsam oder überhaupt nicht erfolgen kann, so müssen die Mischwerkzeuge eine solche Ausgestaltung erfahren, dass sie die hinterlassenen Bahnen selbst wieder sicher schliessen, um die bewegten Teile zu vereinigen. — Weil man diese Bearbeitung teigartiger Massen (Thon, Brodteig, Kitte u. dergl.) Kneten nennt, so hat man den hiezu verwendeten Maschinen ebenfalls den Namen Knetmaschinen beigelegt.

Ein Rührwerk einfacher Anordnung mit vertikaler Rührwelle und achsialen Rührstäben führt Fig. 869 vor Augen. In einem Gefässe befindet sich in der Mitte eine hohle Säule s zur Aufnahme der Rührwelle a b, die mittels eines Kegelradgetriebes von der Welle e angetrieben wird. Die Rührwelle a b trägt einen Arm d d, an dem nach unten gerichtet die Rührstäbe f, f hängen, die des vorteilhafteren Wirkens wegen gegeneinander versetzt, mit schneidartigen Kanten versehen und mit Querstäben q, q verbunden sind, die jalousieartig schräg stehen und die Flüssigkeit beim Durchziehen stets etwas nach oben schieben und vor Entmischung schützen. — Dass die S. 450, Fig. 398 und S. 928, Fig. 845 beschriebenen Maschinen dieser Gattung von Rührmaschinen angehören, bedarf nur der Andeutung. Desgleichen reicht es aus, hier zu erwähnen, dass in derselben Weise die einfachen Rührwerke mit horizontalen Rührwellen eingerichtet werden.

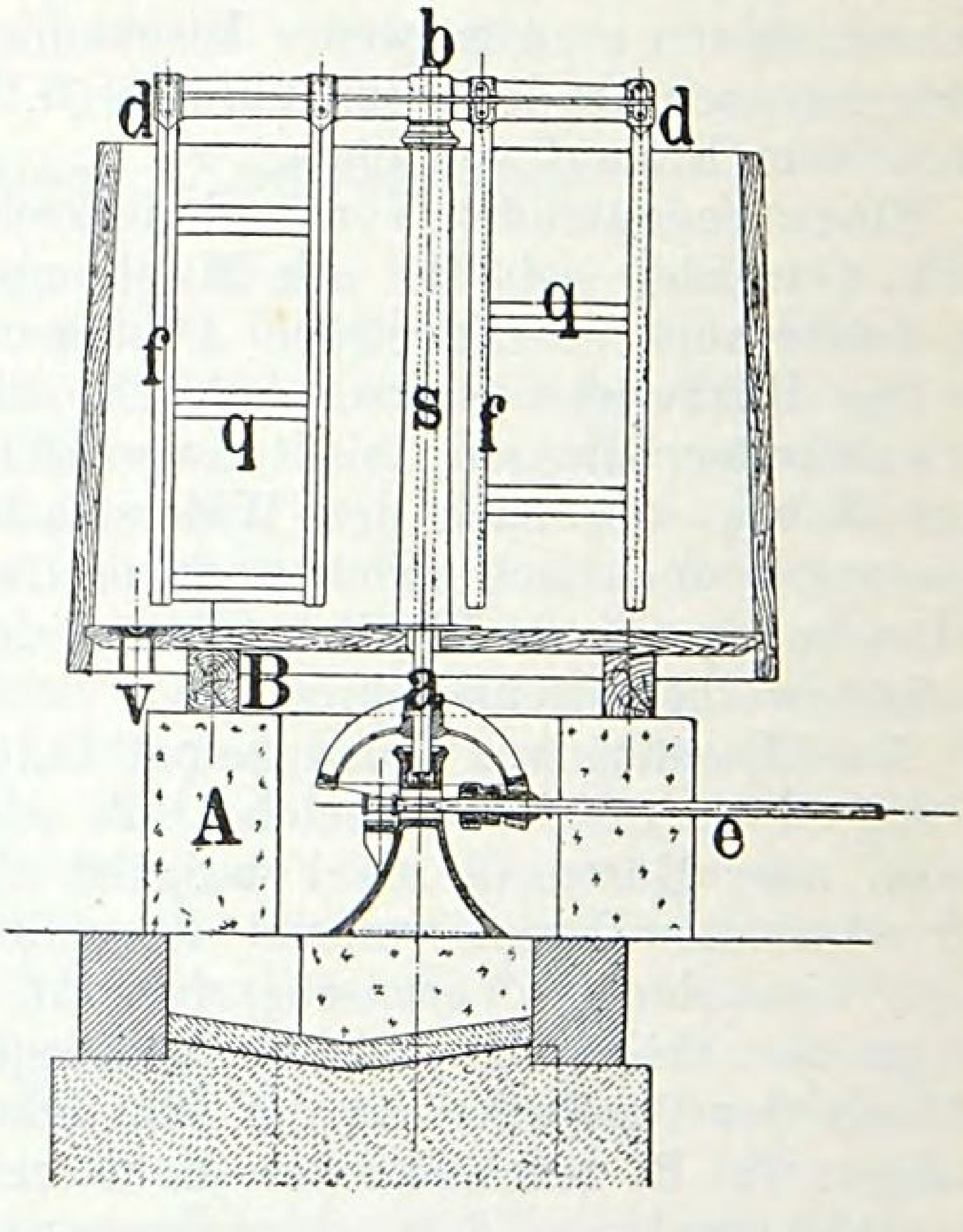


Fig. 869.

Das vorstehend beschriebene Rührwerk ist seiner Anordnung gemäss nur dazu bestimmt, durch Rühren schwimmende Teile am Niedersitzen zu hindern, und nicht zu einem kräftigen Mischen geeignet. Dazu dient vielmehr die in Fig. 870 skizzirte, hauptsächlich zum Maischen bestimmte Rührmaschine. Zu derselben gehören zwei Rührer A und B, mit der vertikalen Welle a b und der horizontalen Welle c d fest an die Mittelwelle e e angeschlossen, so dass beide sich infolge der Drehung der Welle e e wagrecht

im Kreise bewegen. Ausserdem erhält der Rührer A mittels der Stirnräder n, i noch eine Bewegung um die vertikale und der Rührer B mittels der Kegelräder c noch eine Drehung um die horizontale Achse. Die Verbindung einer Drehbewegung um die Rührwelle mit einer Umlaufbewegung um die Mittelwellle bringt nicht nur eine lebhafte Strömung der Flüssigkeit, sondern auch eine fortwährende Durchkreuzung der Flüssigkeitsströme und somit eine innige Mischung in kurzer Zeit hervor.

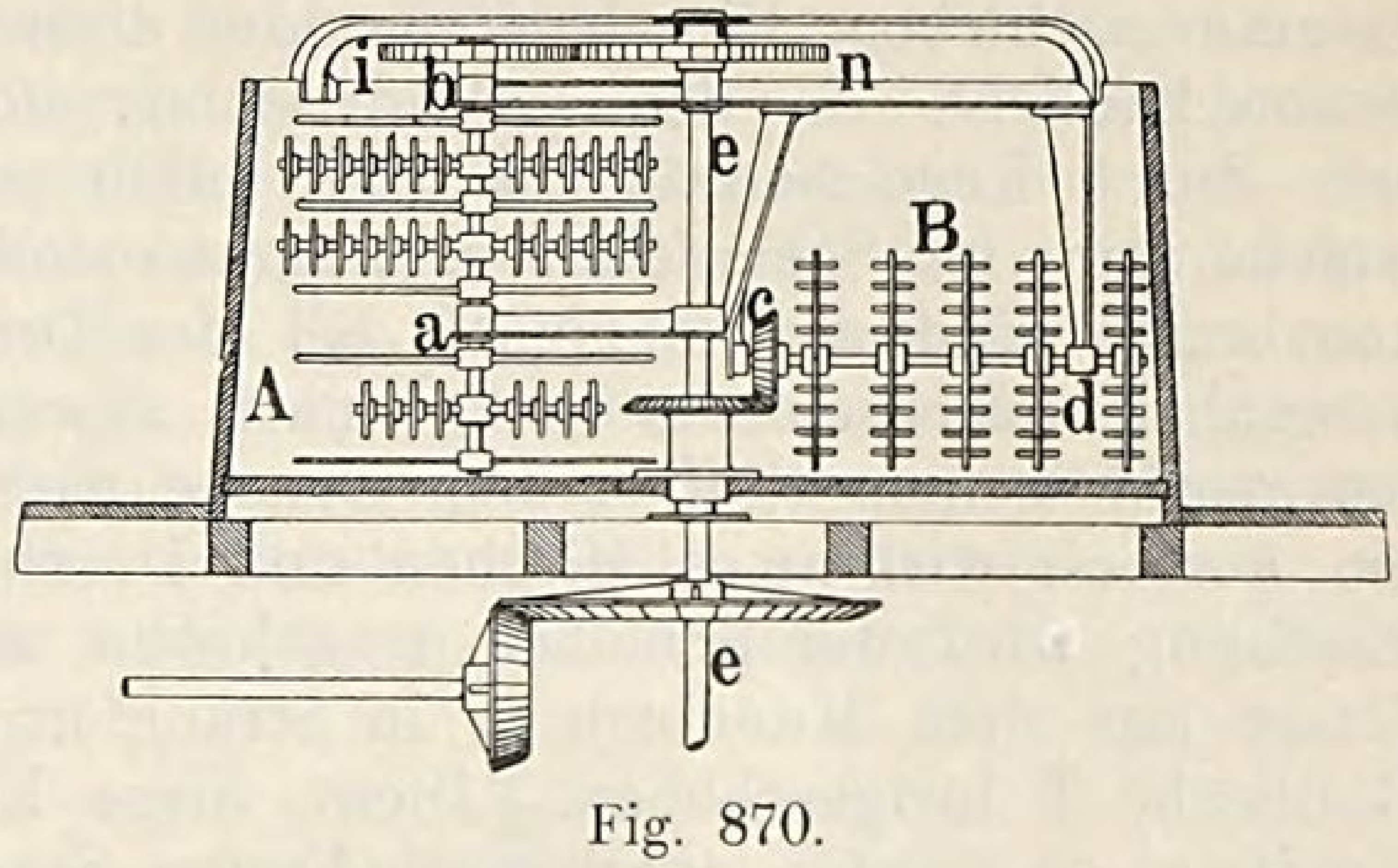


Fig. 870.

In vielen Fällen kann der Zweck des Mischens mittels Rühren wesentlich durch Erwärmen oder durch Abkühlen des Mischgutes unterstützt werden. Dieser Absicht dient in vorzüglicher Weise die in Fig. 871 dargestellte Rührmaschine in einem Gefässe w w (Frederkind), dessen Eigentümlichkeit darin besteht, dass in seine massiven Wandungen w, w von Gusseisen, Blei, Bleilegirungen etc. schmiedeiserne Röhren in Spiralwindungen eingegossen sind, die sich an Leitungen L L einschliessen, welche diesen Röhren entweder Wasserdampf oder kaltes Wasser zuführen. Über dem Gefässe w w befindet sich ein zweites, dessen Deckel zur Aufnahme der Antriebsvorrichtung eingerichtet ist, welche die drei Wellen a, b, c mit den Rührarmen in Umdrehung versetzen.

Zum Fortschieben von Massen solcher Bildsamkeit, dass sie nur mit äusserer Kraft zusammenfliessen, eignet sich in erster Linie die Schraube

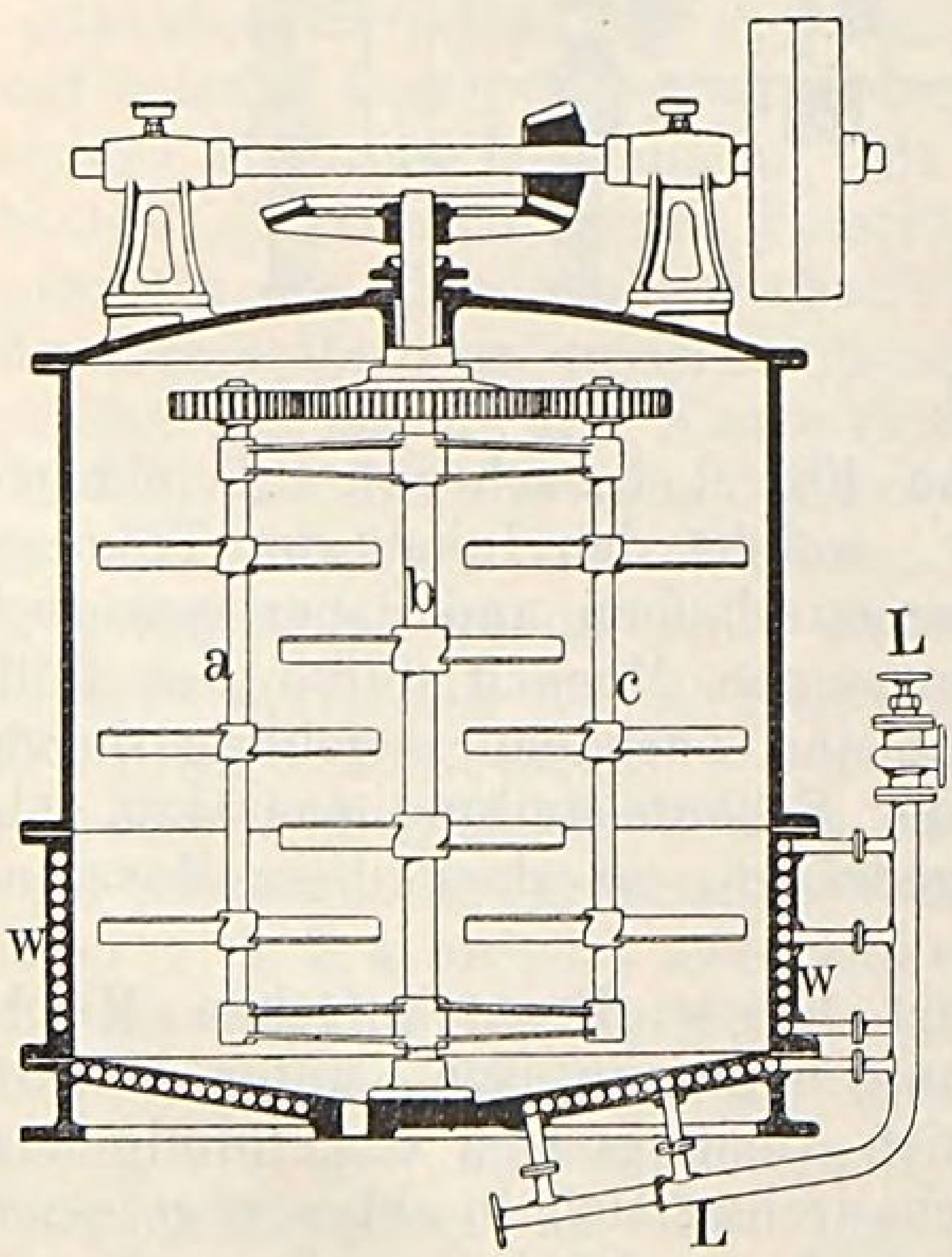


Fig. 871.

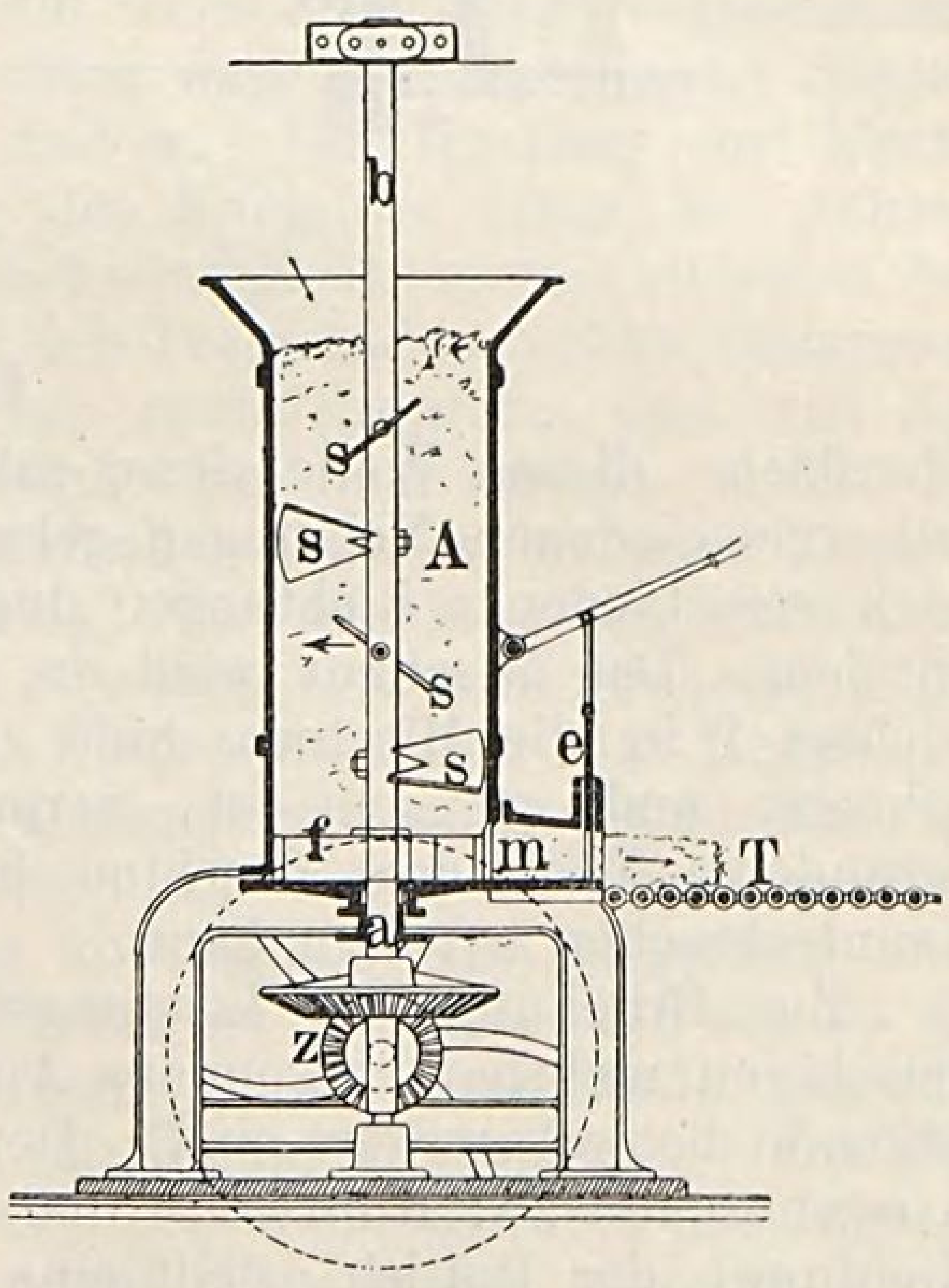


Fig. 872.

(S.937), weshalb die grosse Gattung von Knetmaschinen mit Werkzeugen versehen wird, die schraubenförmig gestaltet und derart an einer drehenden Welle angebracht sind, dass sie die Massen unausgesetzt zerschneiden und zusammenschieben. Eine Knetmaschine dieser Einrichtung ist durch Fig. 872 veranschaulicht. In dem cylindrischen, oben offenen Knettrog A bewegt sich durch Kegelzahnräder z von unten angetrieben die Knetwelle a b, welche mit vier Schaufeln s, s, s, s ausgestattet, die ebenflächig aber schräg angebracht sind und demnach bei der Drehung in der Pfeilrichtung den Troginhalt durchschneiden uud nach abwärts pressen. Indem die Masse bei geschlossenem Bottich dem Drucke nach allen Seiten ausweicht, findet ein äusserst wirksames Mischen und Durchkneten statt. Nach vollendeter Mischung wird der Schieber e gehoben und durch ein Flügelrad f die Masse aus dem Mundloch m in Strangform hinausgedrückt und auf dem Rolltische T fortgeschoben. Dient diese Knetmaschine zum Kneten von Brodteig, so werden durch periodisches Senken des Schiebers e Teigstücke vom Gewichte eines Brodlaibes abgetrennt.

Aus Fig. 873 geht die wesentliche Einrichtung einer Mischmaschine zur Zubereitung von Mörtel hervor. In einem gusseisernen, geschlossenen Bottich von cylindrischer Form und horizontal auf zwei Böcken B, B befestigt, ist eine starke Rührwelle w gelagert, welche von der Riemenscheibe F durch Stirnzahnradgetriebe z in Drehung versetzt wird. Auf der

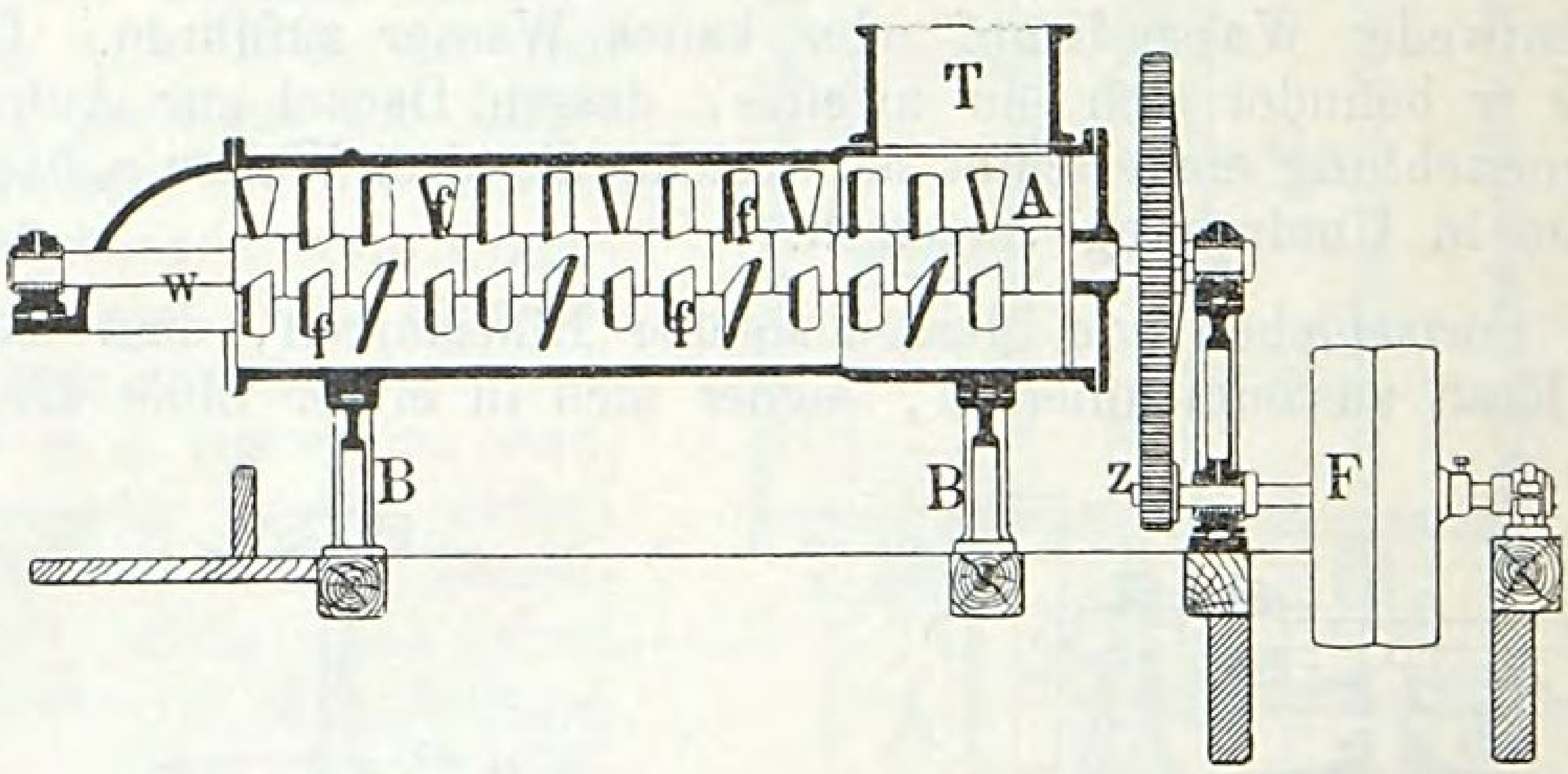


Fig. 873.

Oberfläche dieser Welle sitzen zahlreiche Flügel f nach Schraubenflächen mit verschiedenen Neigungen gekrümmt, welche den Inhalt der Trommel nach verschiedenen Richtungen durcheinanderschieben und daher gründlich mischen. Das Mischgut wird in abgemessenen Mengen durch den Fülltrichter T in die Mischmaschine gebracht und nachdem es gehörig durchgeknetet und gemischt ist, vermöge der Schaufelstellung aus dem abgerundeten Ende der Maschine hinausgedrängt, so dass diese Maschine ununterbrochen arbeiten kann.

Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit haben diese einfachen Mischmaschinen mehrfach besondere Ausführungen aufzuweisen, unter welchen folgende bemerkenswert sind. Der Bottich verjüngt sich kegelförmig dem Ausgangsende zu; Rührwelle und Bottich drehen sich in entgegengesetzter Richtung; der Bottich erhält eine geneigte Lage, die Rührwelle nur stabförmige Arme; die Rührwelle wird mit grossen schraubenförmigen Flügeln

versehen; der Bottich ist doppelcylindrisch und nimmt zwei parallele Rührwellen auf, deren Rührflügel in einander greifen; die Bottiche werden doppelwandig ausgeführt, um das Mischgut durch in den Mantel eingelassenen Dampf zu erwärmen oder durch Kühlwasser zu kühlen.

Am vollkommensten ausgebildet ist diejenige Knetmischmaschine, welche mit schraubenförmig gestalteten Flügeln ausgestattet ist und zwar derart, dass stets zwei Flügelwellen zusammenarbeiten. Zu den verbreitetsten Knetmaschinen dieser Art gehört die in Fig. 874 veranschaulichte (Werner-Pfleiderer). Der Trog A ist aus zwei Halbcylindern gebildet, die sich oben in einem Rumpfstücke vereinigen und je eine Rührwelle w aufnehmen. Die hohlen Rührwellen sind mit Schraubenflügeln in einem Stück aus Bronze oder Eisen gegossen, in zwei langen Lagern gelagert und mit Zahn-

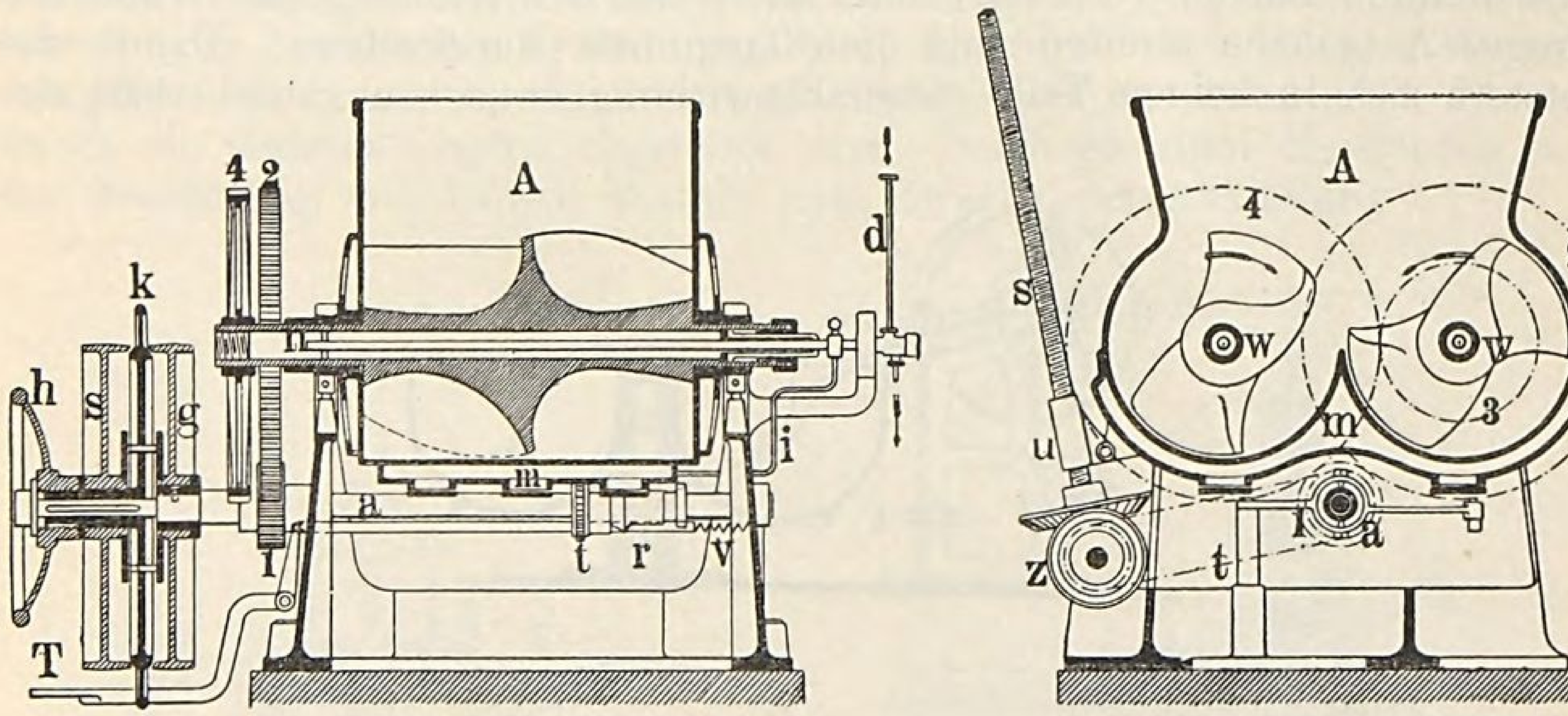


Fig. 874.

radantriebsvorrichtungen versehen, durch welche sie entgegengesetzt und mit solcher Geschwindigkeit gedreht werden, dass der eine Kneter doppelt so viel Umdrehungen macht, als der andere. Die Wirkung der Kneter besteht demnach in einer Verschiebung des Knetgutes längs der Achsen, sowie in der Runde mit wechselnder Geschwindigkeit, sowohl zwischen den Knetern selbst, als zwischen diesen und den Trogwänden. Eine Steigerung erfährt die Misch- und Knetwirkung ferner noch dadurch, dass von Zeit zu Zeit die Drehrichtung umgekehrt wird. Zu dem Zwecke sitzen auf der Hauptwelle a zwei Büchsen zur Aufnahme von zwei losen Riemenscheiben s, g, wovon eine einen offenen, die andere einen gekreuzten Riemen aufnimmt, und zwischen diesen Scheiben eine dritte Scheibe k mit der Büchse der Scheibe s verbunden. Wird nun durch das Handrad h mit Mutter die Scheibe k an s oder an g angepresst, so findet die Drehung vom offenen oder gekreuzten Riemen statt und wird mittels der Zahnräder 1, 2, 3, 4 auf die zwei Rührwellen übertragen. Um ausserdem noch die Knetbarkeit der Materialien durch Wärme zu erhöhen, sind sowohl die Hohlräume der Wellen, als der Hohlraum m der Trogwände von der Dampfleitung d mittels Röhren n und i mit Dampf zu heizen. — Um den Trog nach vollzogener Mischung zu entleeren, wird derselbe mit der in der Figur rechts sichtbaren Welle w in den Lagern der letzteren soweit gekippt, dass der Inhalt aus A herausfällt. Dazu dient die bei r ange-

deutete Reibungskupplung, welche durch die Feder v gelöst gehalten, durch den Fusstritt T aber eingerückt wird und zur Folge hat, dass mittels der Kette t und der Kegelräder k die Schraube s in Drehung gerät. Die Mutter u dieser Schraube sitzt nun an dem Troge A, so dass letzterer durch Drehung der, natürlich ebenfalls kippbar gelagerten Schraube, langsam umgestürzt wird, während die Kneter sich weiterdrehen, und das Knetgut hinausschieben. — Die grosse Leistungsfähigkeit dieser Knetmaschine hat sich zum Kneten von Backteig, Kautschuk, Guttapercha, Linoleummasse, künstlicher Stein- und Elfenbeinmasse, Schmirgelscheibenmischungen u. s. w. bewährt.

Einer eigentümlichen, für weiche Teige viel verwendeten Knetmaschine liegt die Benutzung einer Rührgabel zu Grunde (Rudolphs). Diese Gabel a a (Fig. 875) ist drehbar in der Hülse b gelagert und mit derart gekrümmten Zinken versehen, dass diese bei der Drehung die Wand des Troges A beinahe streifen und den Troginhalt durchrühren. Damit der letztere sich in keinem Teile dieser Einwirkung entziehen kann, erhält der

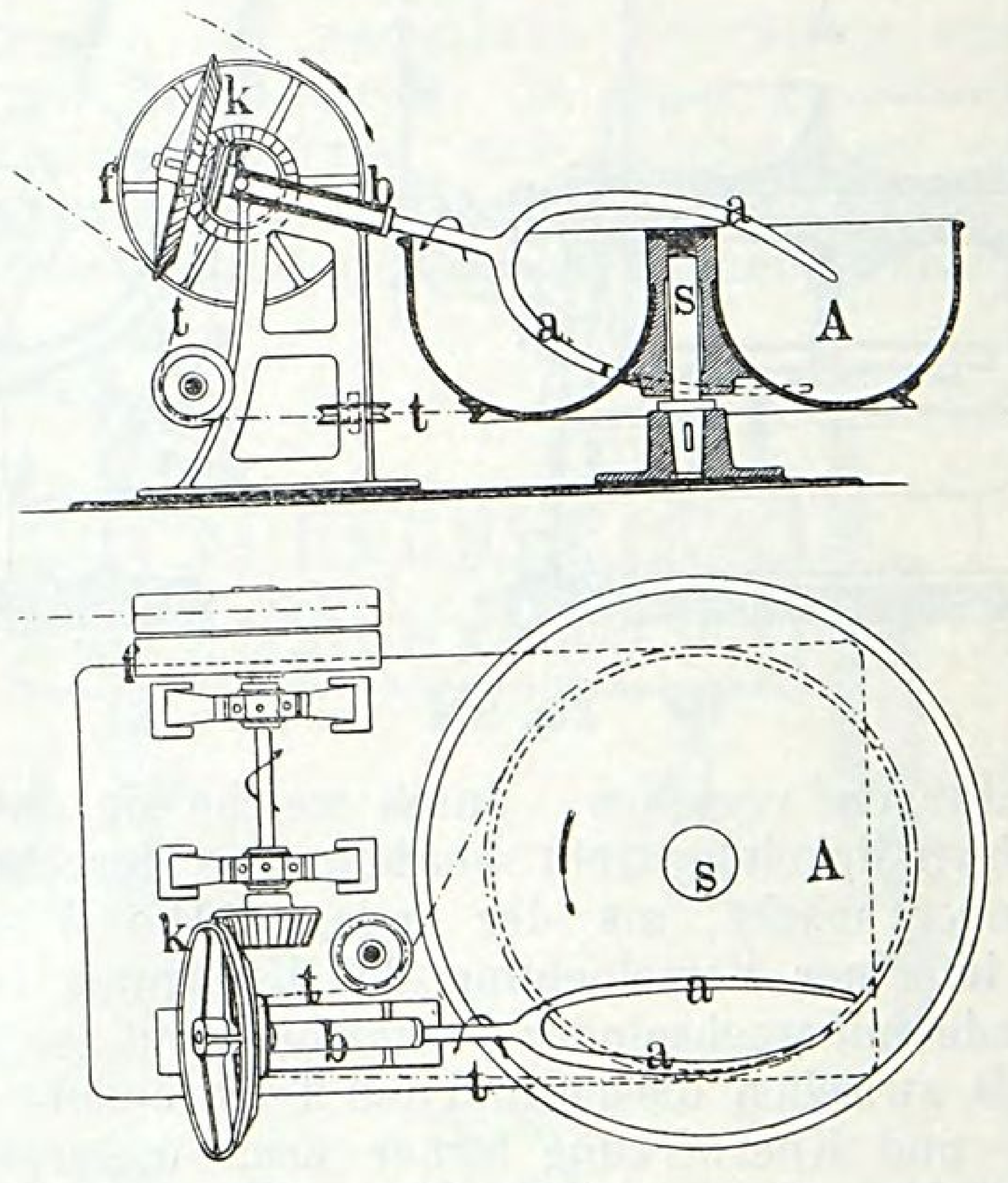


Fig. 875.

schalenförmige Trog zugleich Drehung um die feste Drehsäule s. Zu dem Zwecke besitzt der Trog A eine Rille zur Aufnahme einer Kette oder einer Schnur t, die, von Leitrollen geführt, über die Schnurrolle r läuft und daher von letzterer mitgenommen den Trog in langsame Umdrehung versetzt. Die Bewegung der Gabel, welche von der Riemenscheibe f mittels der Kegelzahnräder k erfolgt, steht dadurch in einem bestimmten Verhältnisse zu der Bewegung des Troges und zwar in der Weise, dass 15 minutliche Umdrehungen der Rührgabel 1,7 Umdrehungen des Troges entsprechen. — Weniger empfehlenswert erscheint die Anordnung, bei welcher zwei wagerecht einander gegenüberstehende Gabeln in einem festen halbcylindrischen Troge zur Anwendung kommen, sowie diejenigen, bei welcher eine vertikale Gabel nebst zwei um eine horizontale Achse in Drehung versetzten Rührschaufeln in einem Drehtroge arbeiten (Lebandy).

Bereits S. 911 wurde auf die grosse Kraft hingewiesen, mit welcher ein Walzenpaar durch Drehung Körper zu zerdrücken vermag. Aus diesem Grunde bildet auch ein solches Walzenpaar die Grundlage vieler Misch- und Knetmaschinen, welche dazu bestimmt sind, sehr zähe Materialien (Kautschuk, Guttapercha, Chokolade, Linoleum, Farben etc.) durchzukneten und zu mischen. Die allgemeine Einrichtung einer Walzenknetmaschine geht aus Fig. 876 hervor, welche eine solche Maschine zum Kneten von Kautschuk darstellt. Von den beiden Walzen a, b wird b direkt durch das Zahnrad z von der Riemenscheibe R angetrieben, während a durch ein Zahnradvorgelege r mitgenommen wird und zwar mit einer grösseren Umfangsgeschwindigkeit (4:3), um die Wirkung der Differenzbewegung (S. 912) zu erhalten. Der Walzenstand erhält seine Abmessung durch Stellung der Walze a vermittelst Stellschrauben mit Schneckenantrieb s. Die Röhren c, d führen zum Zwecke der Erwärmung durch die durchbohrten Zapfen Wasserdampf in das Innere der Hohlwalzen, aus welchen das kondensirte Wasser durch die anderen Zapfen abgeleitet wird. Auch gestatten die Röhren c, d die Einführung von kaltem Wasser zum Zwecke der Abkühlung.

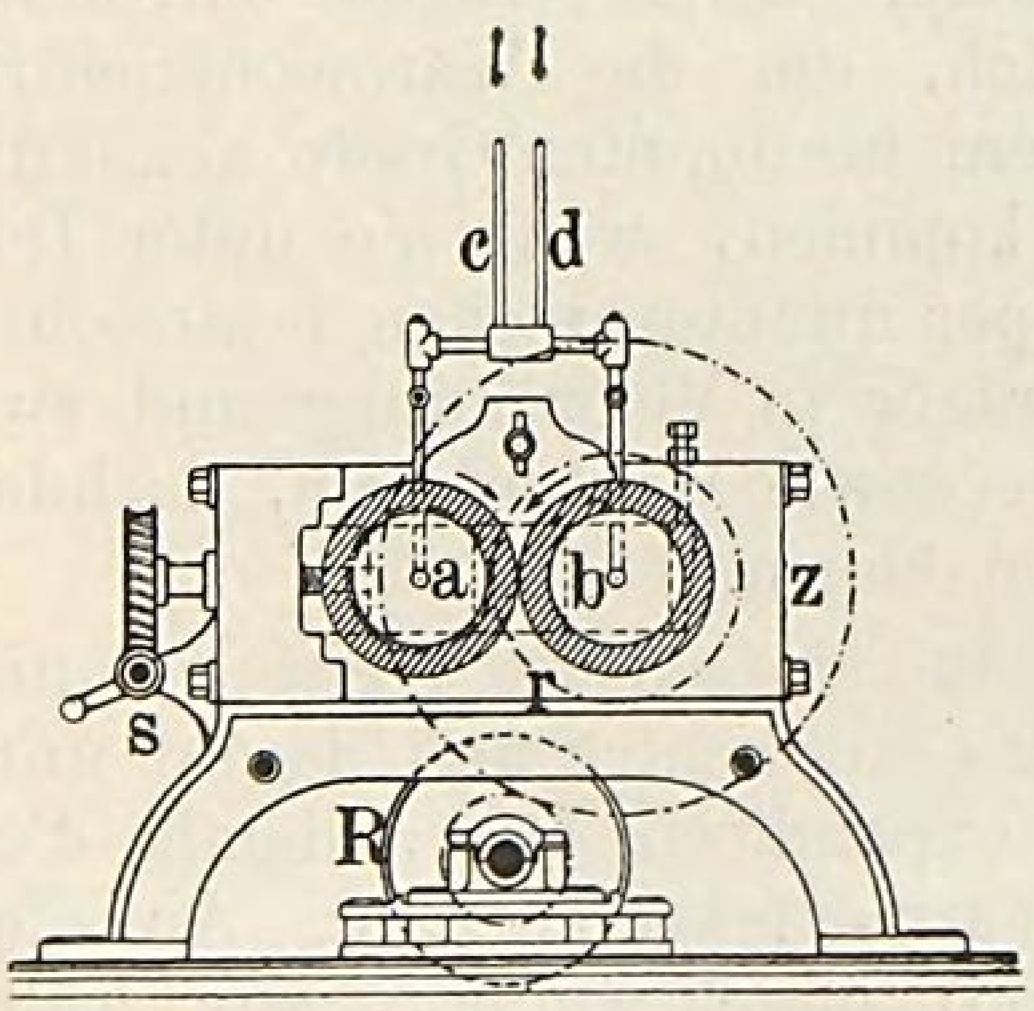


Fig. 876.

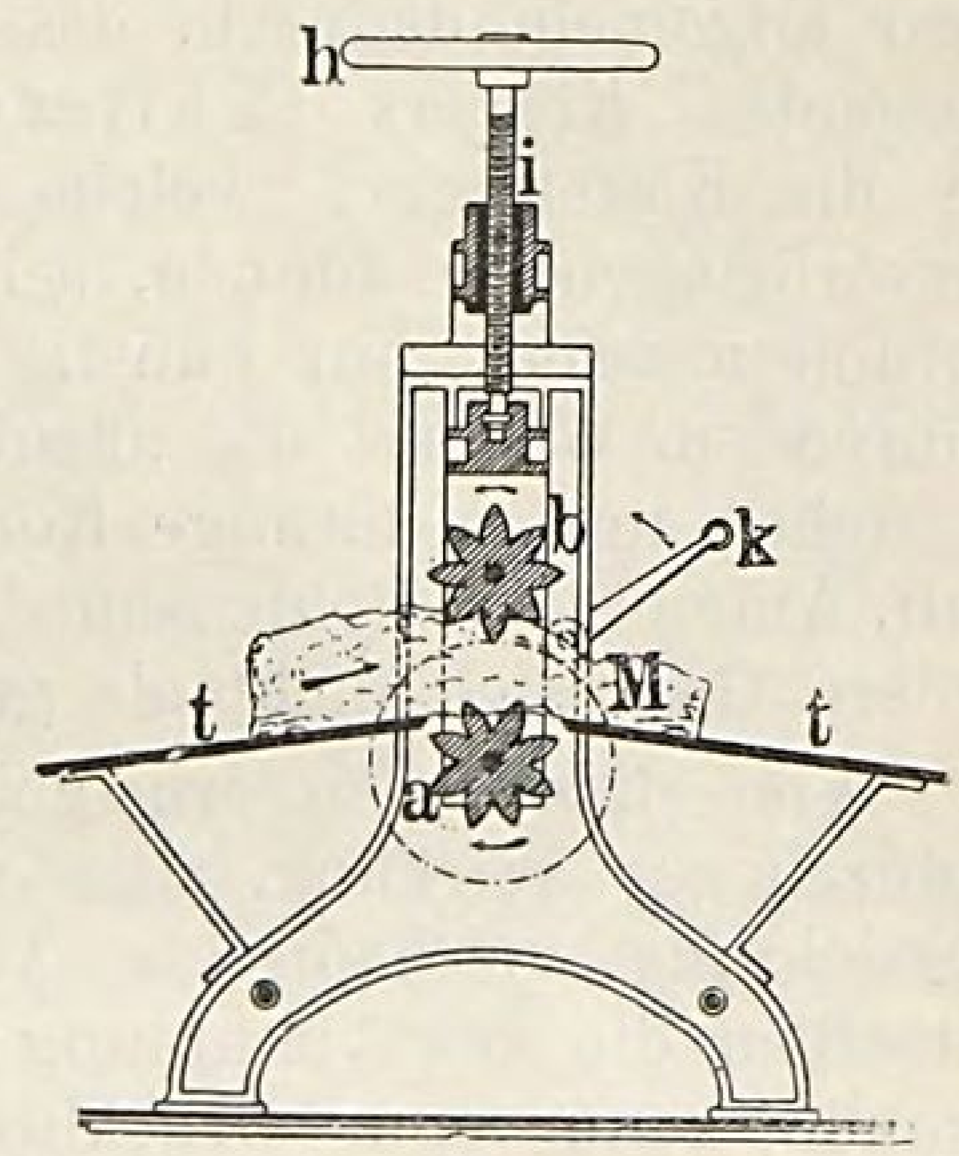


Fig. 877.

Die Walzen erhalten mitunter (Fig. 877) einen sternförmigen Querschnitt, um tiefe Eindrücke in dem Knetmaterial M hervorzubringen, und eine Lagerung übereinander, um mit veränderter Drehrichtung ein wiederholtes Durchkneten vornehmen zu können, wobei der Teig M auf den Tischen t, t hin- und hergeschoben wird. Diese Knetmaschine erhält Handbetrieb, indem die untere Walze a von der Drehkurbel k mittels Zahnradvorgelege in Umdrehung versetzt wird, die sich mittels einer seitlich angebrachten Zahnradtransmission auf b überträgt. Die Einstellung der Walzen in Anpassung an die Dicke der Masse M erfolgt durch Verschiebung der Lager der Oberwalze b von dem Handrad h aus mit Hilfe der Schraubenspindel i, die auf eine Traverse wirkt.

Zur Hervorbringung einer möglichst innigen Mischung durch Walzenmischmaschinen ist es vielfach notwendig, letztere mehrere Male nach einander anzuwenden. In solchen Fällen hat man mit Vorteil diese Mischwerke mit 3 bis 6 Walzen ausgestattet, welche in der Regel wagerecht nebeneinander liegen und zur Regelung des Abstandes mittels Schrauben-

spindeln verstellbar sind. Zugleich ist nach dem Prinzip der Differenzbewegung die Anordnung getroffen, dass die Oberflächengeschwindigkeit der Walzen von der Eintragstelle ab bis zur letzten Walze zunimmt, damit jede folgende Walze das Mischgut der vorhergehenden abnimmt. Mehrfachwalzenmischmaschinen finden hauptsächlich in der Chokolade- und Linoleumfabrikation Verwendung.

Dritter Abschnitt.

Kälteerzeugungsmaschinen.

Die Kälteerzeugungsmaschinen haben die Bestimmung mit Hilfe mechanischer Mittel die Temperatur bestimmter Körper unter diejenige der Umgebung zu erniedrigen oder auf tieferen Wärmegraden zu erhalten und zwar allgemein dadurch, dass sie den abzukühlenden Körpern mittels eines passenden Körpers (Kälteträger) die entsprechende Wärme entziehen. Da die Kälteträger, welche selbstverständlich, um die Wärmeentziehung hervorbringen zu können, selbst bis zu einem bestimmten Grade abgekühlt werden müssen, nur günstig zur Wirkung kommen, wenn sie unter fortwährendem Wechsel die abzukühlenden Körper ununterbrochen bestreichen, so stehen nur gasförmige Körper als Kälteträger in Verwendung und zwar Luft, Ammoniak, Kohlensäure, Schwefligsäure sowie Wasserdampf, nachdem andere Gase sich nicht als geeignet erwiesen haben.

Von diesen Körpern gelangt die Luft in einfachster Weise nämlich dadurch zur Wirkung, dass man sie zunächst verdichtet und darauf unter Verrichtung mechanischer Arbeit (S. 207) expandiren lässt, damit diese derselben die zur Abkühlung erforderliche Wärmemenge entzieht. Aus dem Grunde kann eine Druckluftanlage (S. 206) ohne weiteres zur Kälteerzeugung dienen. Bei der Verwendung in Kälteerzeugungsmaschinen ist dahingegen zu berücksichtigen, dass die Luft nur ein geringes Wärmebindungsvermögen (spezifische Wärme S. 274) besitzt, nämlich nur 0,377 *cal.* für 1 *kg* und 1° *C*, daher selbst für unbedeutende Temperaturerniedrigungen die Kompression grosser Luftmengen nötig macht und demgemäss sehr umfangreiche Anlagen mit solchen Betriebsnachteilen zur Voraussetzung hat, dass die auf dem Prinzip der Luftkühlung beruhenden, früher vielfach benutzten sog. Kaltluftmaschinen nur noch selten zur Ausführung gelangen dürften.

Während in den Kaltluftmaschinen die Kälte durch Expansion der mehr oder weniger komprimirten Luft hervorgebracht wird, erzeugt man die Kälte bei Anwendung der oben genannten Gase oder Dämpfe dadurch, dass man diese zuerst in passender Weise kondensirt oder verflüssigt und sodann zur Verdampfung bringt, weshalb die hier in Betracht kommenden Maschinen auch den Namen Kaltdampfmaschinen erhalten haben.

Die Kondensation oder Verflüssigung der Kälteträger kann je nach der Natur oder Beschaffenheit derselben durch Absorption oder Kompression

erfolgen, so dass man zweckmässig drei Gruppen der Kaltdampfmaschinen bildet:

1) Absorptionsmaschinen,
2) Kompressionsmaschinen,
3) Absorptions-Kompressionsmaschinen.

In den Absorptionsmaschinen ist der Kreislauf dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfe des Kälteträgers zunächst von einer geeigneten Flüssigkeit absorbirt werden und dass darauf die letztere in einen Destillirapparat gepumpt und durch Wärmezufuhr auf eine Temperatur gebracht wird, bei welcher der Kälteträger wieder in Dampfform ausscheidet, um, durch Kühlwasser verflüssigt, den Kühlungsprozess durch Wärmeaufnahme infolge der Verdampfung in einem Verdampfer zu vollziehen und sodann den Kreislauf von neuem anzutreten.

In den Kompressionsmaschinen unterliegen die Dämpfe der Kälteträger einer Verdichtung in einem Kompressor bis zu einer Spannung, die zur Verflüssigung ausreicht. Darauf gelangen sie zum Zwecke der Abkühlung und Verflüssigung in einen sog. Kondensator und aus diesem in den Verdampfer zur Verdampfung, beziehungsweise zur Kälteerzeugung.

In den Absorptions-Kompressionsmaschinen verläuft der Prozess in der Weise, dass die Dämpfe der Kälteträger, nachdem sie durch Bindung von Wärme die gewünschte Abkühlung in dem Verdampfer hervorgebracht haben, von einem Kompressor angesaugt und in diesem verdichtet dem Absorptionsapparat zugeführt werden, um dann den Kreislauf in der oben angegebenen Weise wieder anzutreten.

Als Kälteträger der Absorptionsmaschinen kommen nur Ammoniak und Wasserdampf in Betracht.

Die Ammoniakverdampfmaschine mit Absorptionsapparat besteht dem Wesen nach aus einem Destillirkessel, einem Entwässerer, einem Kondensator, einem Verdichter, einem Verdampfer, einem Absorptionsapparat und einer Pumpe, welche das absorbirte Ammoniak in den Destillirkessel drückt. In dem mittels Dampfröhren geheizten Destillirkessel erfolgt durch Wärme das Austreiben des absorbirten Ammoniaks, das von einem einfachen cylindrischen Gefässe aufgefangen wird, in dem das mitgerissene Wasser ausscheidet. Von diesem Wasser möglichst befreit gelangt das Ammoniak in eine Kühlschlange, welche in dem mit Kühlwasser versehenen Kondensator aufgestellt ist, und aus der der gekühlte Dampf in den Verdichter übertritt. Der Verdichter ist ein mit einem Hahn verschlossenes Rohr, das in den Verdampfer mündet und in dem bei geschlossenem Hahn der Ammoniakdampf unter einem Drucke von 8 bis 10 Atm. sich verflüssigt. Nach Öffnung dieses Hahnes beginnt der Kühlprozess, indem der Dampf in ein langes Schlangenrohr tritt und darin verdampft. Dieses Schlangenrohr liegt in einem grösseren Gefässe und bildet mit diesem den Verdampfer oder Eisbildner, in welchem sich eine Salzlösung (Chlorkalzium — oder Kochsalz) befindet, der die Wärme entzogen wird. In diese Lösung hängt man z. B. Zellen mit Wasser gefüllt, um dieses in Eis zu verwandeln. Das in den Schlangenröhren durch Aufnahme von Wärme wieder in Dampf verwandelte Ammoniak geht darauf in den Absorptionsapparat, um in diesem, aus einem cylindrischen Gefässe hergestellten Behälter mit derjenigen Flüssigkeit zusammenzutreten, die in dem Destillirkessel durch Austreibung des Ammoniaks zurückgeblieben ist. Von dieser Flüssigkeit absorbirt,

wird sodann der Kälteträger vermittelst einer Pumpe wieder in den Destillirkessel gedrückt, um den Kreislauf von neuem zu beginnen.

Die Wasserdampfabsorptionsmaschine (Windhausen) beruht auf der bekannten Erscheinung, dass Wasser im luftleeren Raum rasch verdunstet und dabei soviel Wärme bindet, dass es stark abgekühlt wird und zu Eis erstarrt. Die Durchführung dieses Abkühlungsprozesses erfolgt in der Weise, dass man in einem luftdichten abgeschlossenen Gefässe mit Hilfe einer Luftpumpe ein möglichst hohes Vakuum erzeugt und dann in diesen Raum Wasser einfliessen lässt, von dem etwa der sechste Teil rasch verdampft, während $^5/_6$ gefriert. Die entstandenen Dämpfe werden dabei ununterbrochen mittels der Luftpumpe weggesaugt und durch ein Gefäss mit Schwefelsäure geführt, welche die Dämpfe begierig absorbirt und auf diese Weise das Vakuum sowie ununterbrochenen Betrieb sichert, der in erster Linie von dieser Absorption abhängt. — Die Schwefelsäure, welche zur Absorption dient, muss aber zu dem Zwecke eine bestimmte Konzentration besitzen und deshalb von dem aufgenommenen Wasser wieder befreit werden, wenn die Verdünnung einen bestimmten Grad erreicht hat. Diese Konzentration erfolgt durch Abdampfen in einem besonderen Behälter (Konzentrator), ebenfalls unter Benutzung eines Vakuums, das mit einer zweiten Luftpumpe erzeugt wird, oder durch direkte Berührung der Schwefelsäure mit den heissen Abgasen einer Koksfeuerung. Die infolge der ausgiebigen Anwendung der Luftverdünnung gewöhnlich Vakuummaschine genannte Wasserdampf-Absorptions-Kältemaschine ist demnach zusammengesetzt aus einem Verdampfer mit Luftpumpe und Wasserbrause, einem Absorber zur Aufnahme der Schwefelsäure, einem Konzentrator mit Luftpumpe zum Eindampfen der Schwefelsäure, einem unter Luftverdünnung stehenden Behälter zur Aufnahme der regenerirten Schwefelsäure, einer Dampfmaschine zum Betriebe der Luft- und Wasserpumpen und einer Heizvorrichtung zum Abdampfen der Schwefelsäure.

In den Kompressionskaltdampfmaschinen kommen nur als Kälteträger Ammoniak, Schwefligsäure und Kohlensäure in Frage, so dass im Allgemeinen hiernach drei Systeme — Ammoniak-, Schwefligsäure- und Kohlensäuremaschinen — bestehen, zu welchen noch ein viertes hinzuzufügen ist, als auch eine Mischung von Kohlensäure mit wasserfreier Schwefligsäure (Pictet) hierher gehört.

Bei der Auswahl dieser Kälteträger ist zunächst maassgebend, dass die latente Verdampfungswärme derselben sehr gross ist im Vergleich zu der spezifischen Wärme der permanenten Gase, weshalb Kältemaschinen mit kondensirbaren Dämpfen bei gleicher Grösse überhaupt eine grössere Abkühlungsleistung besitzen als z. B. die Luftmaschinen (s. o.). Unter den genannten Kälteträgern hat nun wieder das Ammoniak die grösste latente Verdampfungswärme (300 *cal* in 1 *kg*) und ausserdem solche Kälte erzeugende Eigenschaften, dass es der wichtigste Kälteträger der Kälteerzeugungsmaschinen geworden ist, weshalb die Ammoniakmaschinen die verbreitetsten sind. — Die Schwefligsäure, welche nur eine geringe Verdampfungswärme (90 *cal* in 1 *kg*) besitzt, wurde als sehr flüchtiger Körper früher vielfach als Kälteträger verwendet, später aber von Ammoniak verdrängt, da sie sich nicht besonders zur Erzeugung niedriger Temperaturen eignet und wegen ihrer grossen Verwandschaft zum Sauerstoff in Gegenwart von Wasser leicht in Schwefelsäure verwandelt wird, die zerstörend auf

die Maschinenteile einwirkt, mit welchen sie in Berührung gerät. — Bezüglich der Kohlensäure ist hervorzuheben, dass dieselbe nur eine Verdampfungswärme von etwa 55 *cal* in 1 *kg* besitzt, dafür aber im Stande ist, infolge des tiefliegenden Siedepunktes grosse Kälte zu erzeugen und ausserdem sich dadurch auszeichnet, dass sie bei gleichen Temperaturen den anderen Kälteträgern gegenüber besonders grosse Spannungspressungen und geringe Volumina aufweist. — Demnach ist es auch erklärlich, dass nunmehr fast ausschliesslich Ammoniak und Kohlensäure als Kälteträger in den Kaltdampfkompressionsmaschinen in Gebrauch stehen.

Der Arbeitsvorgang der Kompressinonsmaschinen geht allgemein in der Weise (Fig. 878) von statten, dass der Kälteträger zur Kälteerzeugung in einem Röhrensystem V (Verdampfer) verdampft und somit dem umgebenden Körper in dem das Röhrensystem einschliessenden Behälter die entsprechende Wärme entzieht. Darauf werden diese Dämpfe von einem Kompressor C angesaugt, verdichtet und in den Kondensator K gedrückt, um durch Kühlwasser von der Kompressionswärme befreit zu werden. In diesem flüssigen möglicht weit abgekühlten Zustande gelangt der Kälteträger durch ein Verbindungsrohr mit Regulirhahn a wieder in den Verdampfer zu wiederholtem Kreislauf zurück, so dass der ganze Vorgang sich ununterbrochen vollzieht. — Das zur Abkühlung dienende Kühlwasser tritt bei r in den Kondensator ein, bei s aus demselben aus, während die abzukühlende Flüssigkeit bei r in den Verdampfer ein- und bei s aus demselben austritt, so dass das Kühlwasser dem Kälteträger entgegen und die abzukühlende Flüssigkeit mit demselben in gleicher Richtung strömt. — Hieraus ergiebt sich, dass Kompressor, Kondensator und Verdampfer die wesentlichsten Teile der Kompressionskaltdampfmaschine bilden, wovon der Kompressor in passender Weise unmittelbar an eine Kraftmaschine oder an eine Transmission angeschlossen wird.

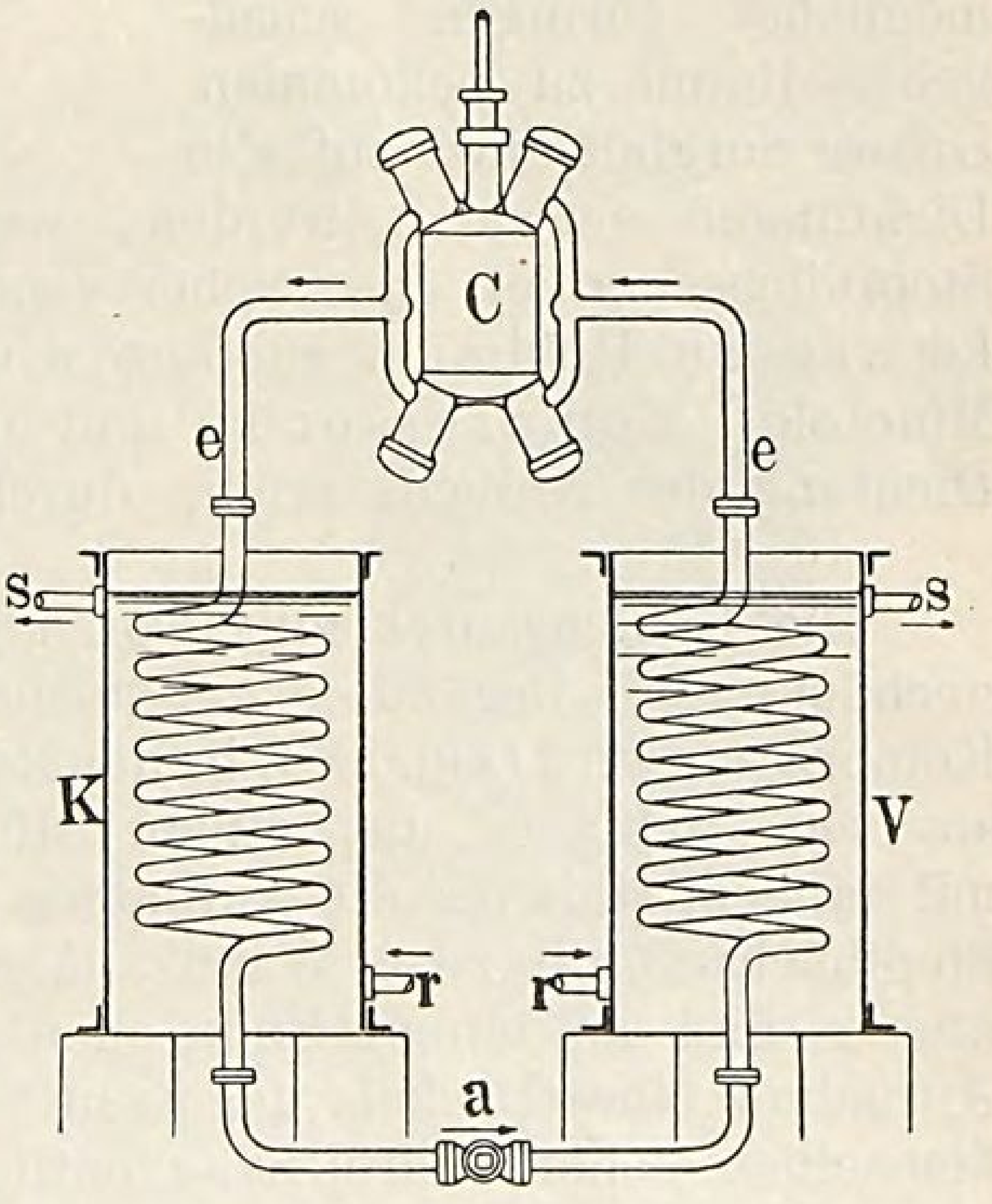


Fig. 878.

Die Kompressoren, welche grundsätzlich mit den trockenen Luftkompressoren (S. 886) übereinstimmen, gelangen fast nur liegend und doppelt wirkend zur Ausführung und weisen hauptsächlich Verschiedenheiten nach der Wahl der Kälteträger auf, insbesondere deshalb, weil die Pressungen in den Ammoniakmaschinen bedeutend kleiner sind als in den Kohlensäuremaschinen, indem dieselben in den ersteren auf etwa 8 bis 12, in den letzteren auf 60 bis 80 Atm. angenommen werden müssen. Dem entsprechend können die Kompressoren der Ammoniakmaschinen grössere Abmessungen erhalten. Als Ventile verwendet man durchgehends Kegelventile, welche durch Spiralfedern auf ihre Sitze gedrückt und entweder in den Kompressordeckeln oder auf Kanälen angebracht werden, die in der Cylinderwand verlaufen.

Fig. 879 stellt die gewöhnliche Anordnung eines Ammoniakkompressors dar. Derselbe ist aus Gusseisen hergestellt und mit zwei Deckeln abgeschlossen, in welchen sich bei a, a die Saugventile, bei e, e die Druckventile befinden, die sich in besonderen Stutzen bewegen und durch Spiralfedern an die Sitze gedrückt werden. An die Stutzen schliessen sich die Druck- und Saugröhren e, e (Fig. 878) seitwärts mittels eines Krümmers an. Der Kolben hat Kugelabschnitte zur Begrenzung, die in Kugelschalen der Deckel eintreten, um dadurch möglichst geringen schädlichen Raum zu bekommen. Grosse Sorgfalt muss auf alle Dichtungen verwandt werden, weshalb die Kolbenstange eine sehr lange Stopfbüchse erhält, in welcher zwischen zwei Packungen mittels einer sog. Laterne ein Hohlraum gebildet wird, den man mit besonders präparirtem Mineralöl (Kompressoröl) und einer kleinen Pumpe gefüllt erhält. Die Dichtung des Kolbens erfolgt durch gusseiserne Ringe.

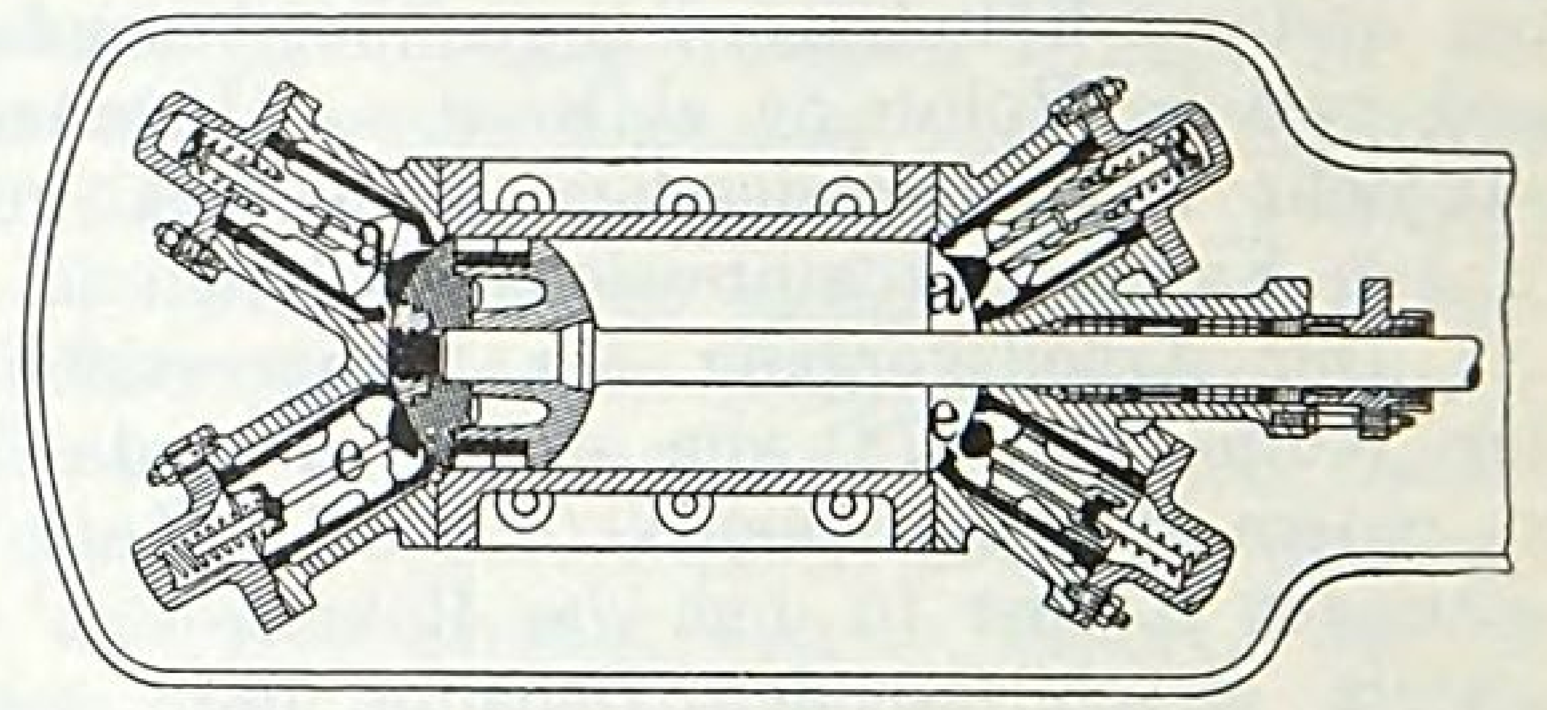


Fig. 879.

Die Kohlensäurekompressoren erhalten verschiedene Ausführungen, je nachdem sie liegend oder stehend Verwendung finden. Der liegende Kompressor wird (Fig. 880) in der Regel als sog. Stahlguss aus einem Stücke mit langem Hals für die Aufnahme der Stopfbüchse, mit zwei Wandkanälen z und x und an einem Ende offen zur Aufnahme eines Deckels gegossen. Zu demselben gehören drei Saugventile S, wovon eines im Deckel und zwei wegen der Cylinderbefestigung auf einem Rahmen schräg seitlich liegen. Diese Saugventile, deren Ausführung aus Fig. 881 zu erkennen ist, besitzen gemeinschaftlich den Kanal x, der durch den Rohranschluss y mit dem Verdampfer verbunden ist. Die Druckventile (Fig. 882) befinden sich bei D, D oben auf dem Cylinder gleichmässig verteilt in dem Kanal z, so dass die komprimirte Kohlensäure durch diesen Kanal und einen Anschluss A mit Absperrhahn zum Kondensator gelangt. Die Ventile v selbst erhalten lange Spindeln i und starke Druckfedern f zum Verschluss. — Bemerkenswert ist noch, dass bei dieser Ausführung (Riedinger) die Abdichtung sowohl

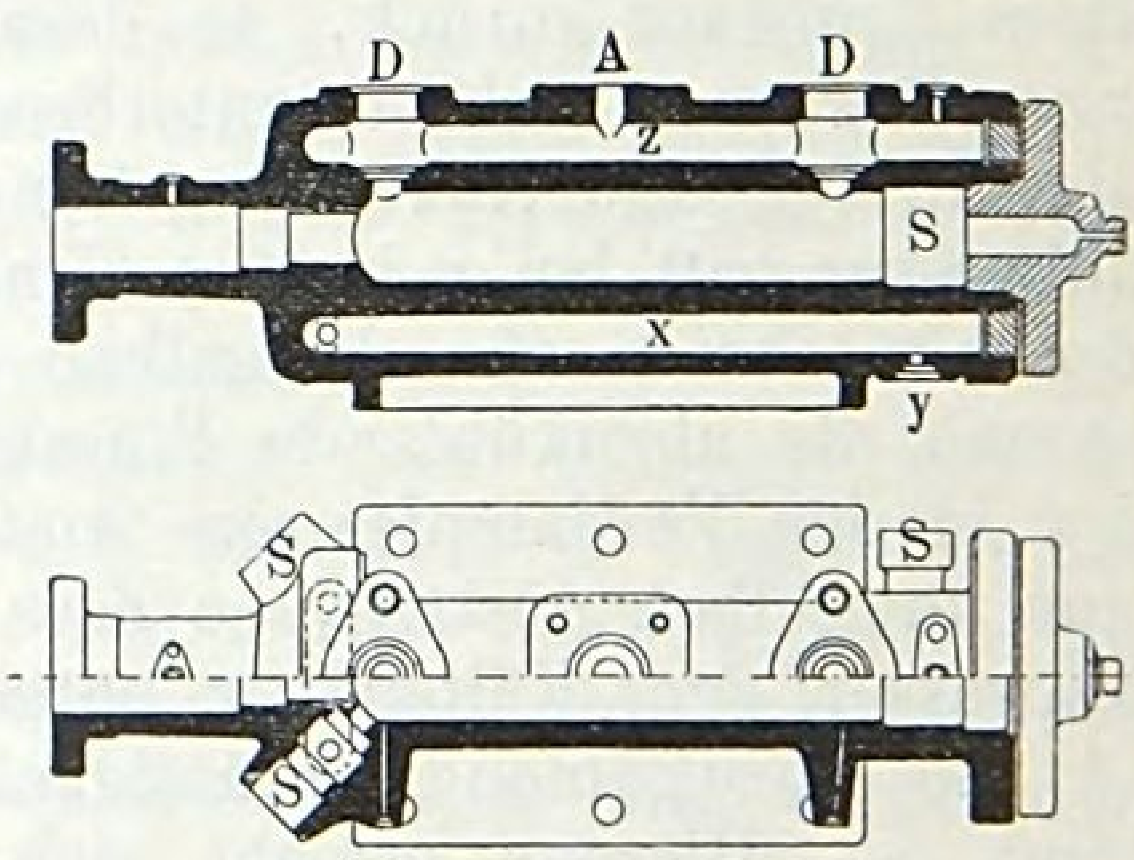


Fig. 880.

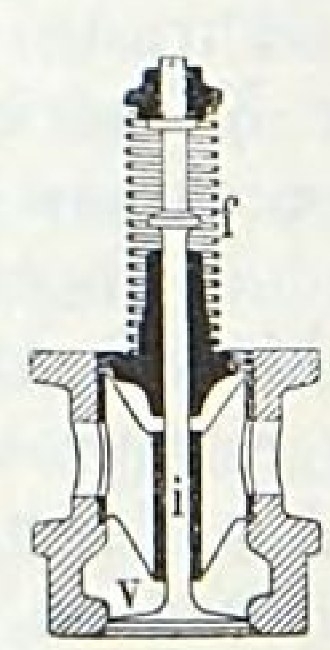


Fig. 881.

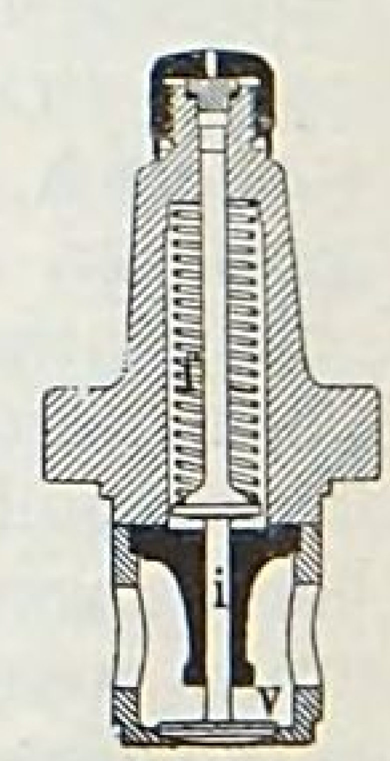


Fig. 882.

der Kolbenstange (Fig. 883), als des Kolbens (Fig. 884) mittels Ledermanschetten vorgenommen wird und die Schmierung der Stange mittels Glycerin unter Anwendung der oben erwähnten Laterne.

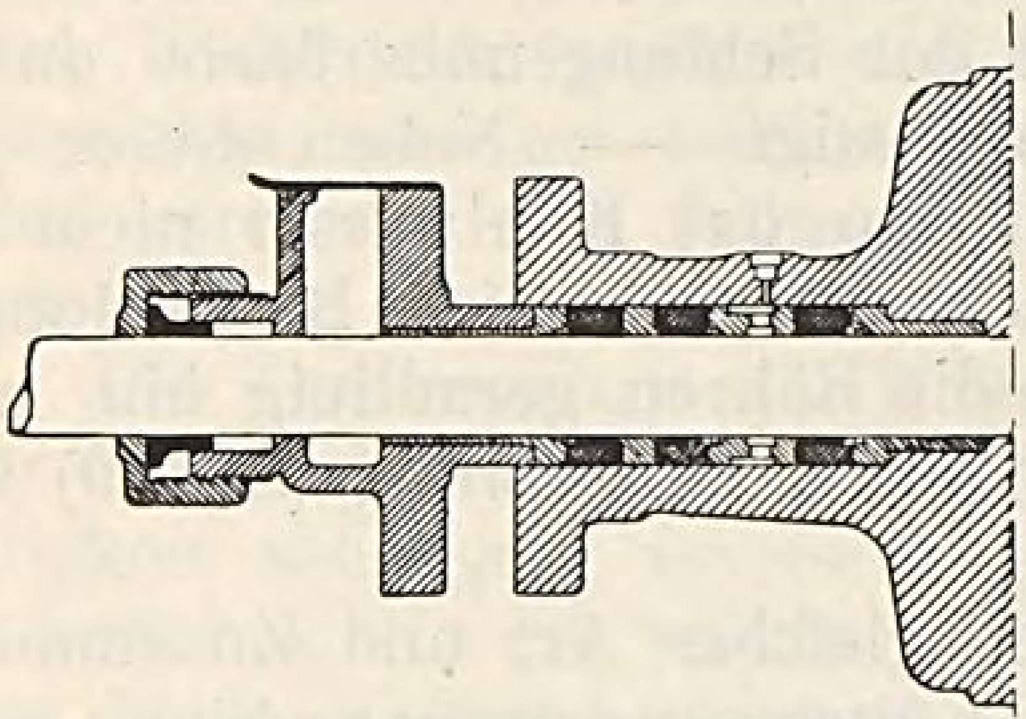


Fig. 883.

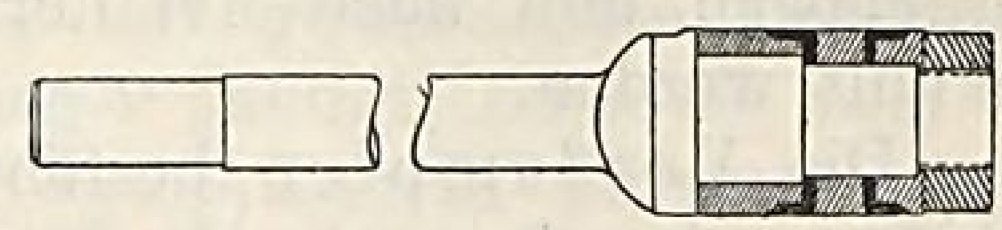


Fig. 884.

In Fig. 885 ist ein stehender Kohlensäurekompressor zur Anschauung gebracht, in dem sich die Kompression in zwei Absätzen vollzieht. In dem inneren Cylinder befindet sich ein gewöhnlicher Kolben, der durch das Rohr a die Kohlensäure in das Innere saugt und bei entgegengesetzter Bewegung in den Mantelraum t, t und das andere Cylinderende drückt. Bei der folgenden Saugperiode presst sodann der Kolben die Kohlensäure in dem Raum t t auf den gewünschten Druck und durch das zweite Druckventil in die Leitung e. Ausserdem hat dieser Doppelcylinder noch einen Kühlmantel zum Durchfliessen von Kühlwasser, das durch das Rohr r einfliesst.

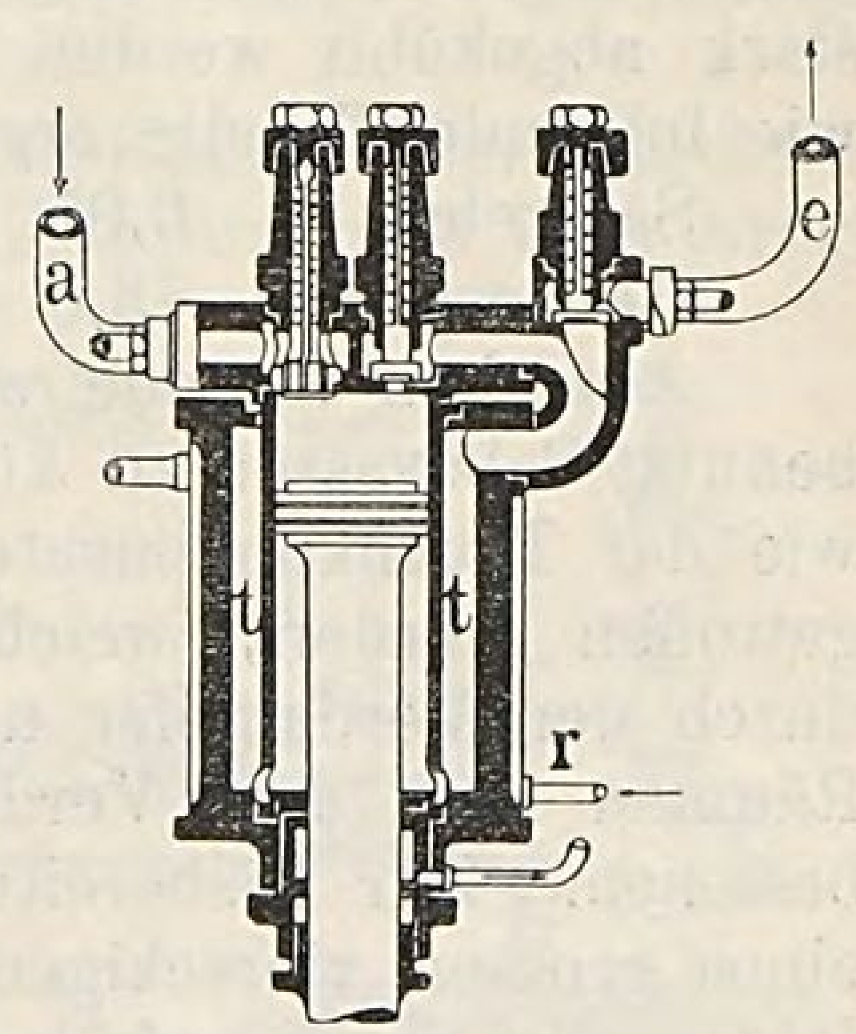


Fig. 885.

Die Kondensatoren der Gefriermaschinen gehören zu den Oberflächenkondensatoren (S. 463) und bestehen lediglich aus einem Systeme von Röhren, die erheblichen Spannungen zu widerstehen haben und demnach aus Schmiedeisen in lichten Weiten von 30 *mm* und mit Wandstärken von 4 bis 6 *mm* hergestellt sind. Um die erforderliche Abkühloberfläche zu gewinnen, erhält das System Röhren bis 140 *m* Länge; durch Zusammenschweissen der kürzeren Fabrikationsröhren (S. 81), und, um sie in einem kleinen Raum unterzubringen, werden sie entweder schlangenförmig oder geradlinig hin- und hergebogen. Die Schlangenröhren bilden die Regel, so dass der gewöhnliche Kondensator (Fig. 886, Tauchkondensator) aus einem cylindrischen Gefässe besteht, in dem mehrere, z. B. drei Schlangen übereinander geschoben sind. Das Kühlwasser tritt durch den Stutzen r unten in tangentialer Richtung ein und oben durch einen sog. Überlauf s aus. Der Kälteträger

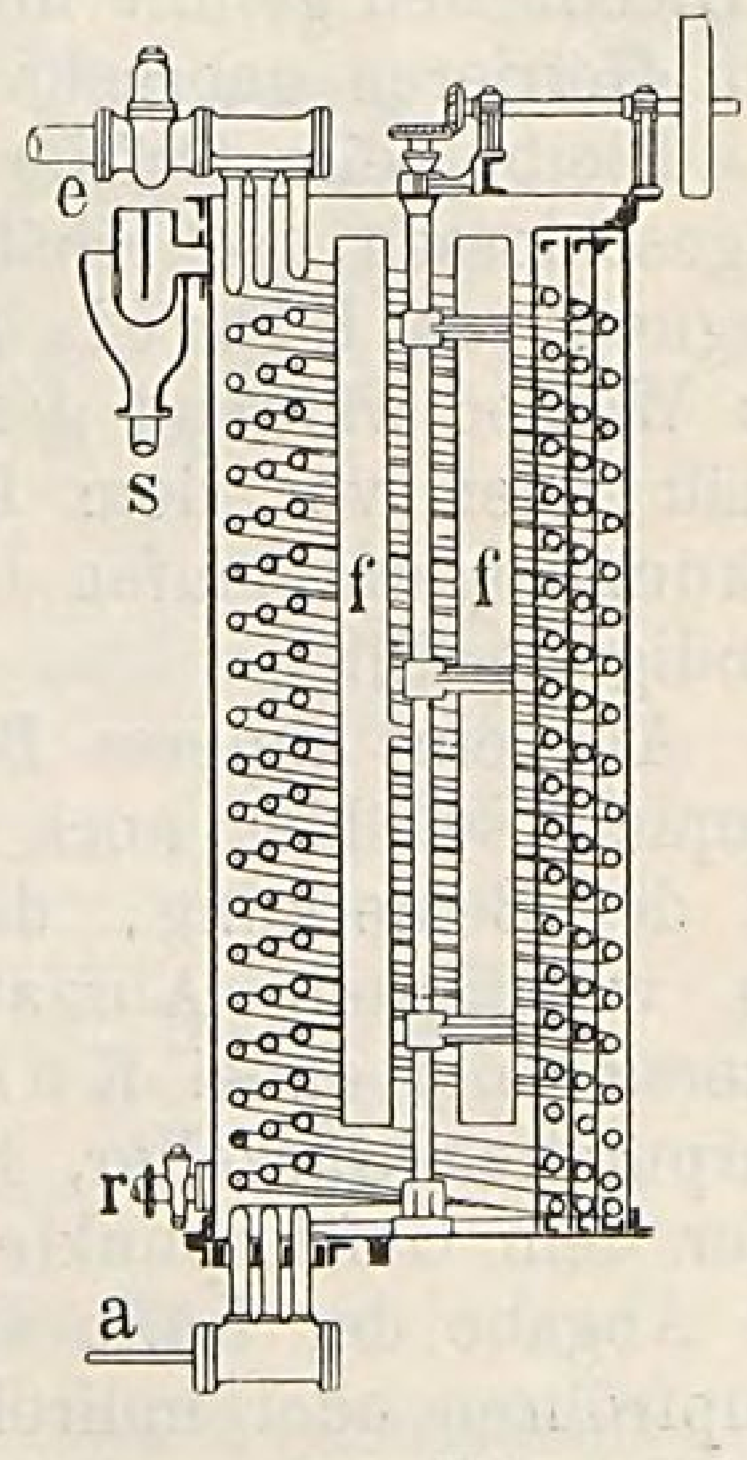


Fig. 886.

gelangt aus dem Kompressor durch das Verteilungsstück e oben in die Röhren und verlässt dieselben unten durch ein gleiches Sammelstück a. Ist die Temperaturdifferenz des Kühlwassers zwischen Eintritt und Austritt kleiner als 6° C, so bringt man im Innern des Kondensators noch ein Rührwerk f, f an, welches die Wärmeabgabe von der Schlangenoberfläche durch eine erhöhte Bewegung des Kühlwassers begünstigt. — Neben diesen geschlossenen Kondensatoren stehen auch da, wo das Kühlwasser nicht in grossen Mengen aber von niedriger Temperatur vorhanden ist, Berieselungskondensatoren in Verwendung, bei welchen die Röhren geradlinig hin- und hergebogen und nach Art der Gradirwerke durch Berieselung (S. 469) abgekühlt werden.

Die Verdampfer bestehen aus Röhren gleicher Art und Zusammensetzung, aber je nach der Bestimmung der Kälteerzeugungsmaschinen sehr verschieden angeordnet. — Hierbei ist zu bemerken, dass Salzwasser sich besonders zur Übertragung der Kälte von dem Verdampfer auf diejenigen Räume und Körper geeignet erwiesen hat, deren Temperaturerniedrigung bezweckt wird, weil diese Salzlösung je nach ihrer Konzentration verschieden stark abgekühlt werden kann, ohne zu gefrieren oder auszukrystallisiren, wie folgende Tabelle ergiebt.

Salzgehalt	0,05	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30 %
Gefrierpunkt	—3,8	—7,4	—8,9	—11,0	—14,4	—17,7	—20,4° C.

Aus dem Grunde wird der Verdampfer fast ausschliesslich nur dazu benutzt Salzwasser zu kühlen und zu diesem Zwecke genau so eingerichtet wie der Tauchkondensator, nur mit dem Unterschiede, dass Einrichtungen getroffen werden, welche die unausgesetzte Zirkulation des Salzwassers durch den Verdampfer und zwischen den zu kühlenden Gegenständen oder Räumen und dem Verdampfer vermitteln und aus Röhren und Pumpen bestehen. Zur Eisbereitung pflegt man jedoch dem Verdampfer die Form eines grossen viereckigen Behälters (Eisgenerator) zu geben, auf dessen Boden die Verdampfröhren je nach der Grösse des Generators in drei bis sechs Systemen aufgebaut sind. Zur Eisfabrikation wird das Gefrierwasser in Blechzellen gefüllt und durch Eintauchen der letzteren in die Salzlösung zum Gefrieren gebracht.

Bleibt beim Gefrieren des Wassers die in letzterem vorhandene Luft eingeschlossen, so erhält das Eis ein milchiges Ansehen, welches zur Erzeugung von Klareis am einfachsten dadurch beseitigt wird, dass man das Wasser während des Gefrierprozesses durch ein Rührwerk in Bewegung erhält oder vor dem Einlaufen in die Zellen kocht oder durch einen Vakuumapparat laufen lässt, aus dem die Luft ausgesogen wird, oder vollständig destillirt.

Als ein anderes Beispiel für eine besondere Einrichtung des Verdampfers sei hier noch eine Methode der Luftkühlung hervorgehoben mit der Bemerkung, dass die Luftkühlung in geschlossenen Räumen zu den wichtigsten Aufgaben der Kälteerzeugungsmaschinen gehört. Man unterscheidet dabei Kühlräume mit Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes (Gärkeller, Kühlhäuser) und Gefrierräume mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkte (auf Schiffen zum Transport von Fleisch u. dergl.) Die Abgabe der Kälte an die Luft findet entweder direkt durch die Verdampfröhren oder indirekt durch Röhrenkühler statt, in welchen Salzwasser zirkulirt, in neuerer Zeit vielfach durch besondere Luftkühlapparate, unter

welchen die Salzwasserkühler mit rotirenden Kühlflächen deshalb grosse Verbreitung gefunden haben, weil sie eine sehr gleichmässige Kälteverteilung ermöglichen. Dieselben bestehen der Hauptsache nach, wie die Scheibenkondensatoren Fig. 414 S. 468, aus zahlreichen runden, mit einer horizontalen Welle sich langsam drehenden Scheiben, die in gekühltes Salzwasser eintauchen, und an welchen mittels Ventilatoren ein Luftstrom entlang geführt wird, der sich dadurch abkühlt und in den Kühlräumen gleichmässig verteilt.

Die Gesamtanlage der Kälteerzeugungsmaschine ist, abgesehen von der Verwendung der Kälte, in erster Linie von der gewünschten Leistungsfähigkeit abhängig, insofern als ein Kompressor genügt, oder ob zwei erforderlich sind, in welchem Fall man die Kompressoren derart kuppelt, dass beide Kolben auf einer gemeinschaftlichen Kolbenstange sitzen. Zum Antriebe wählt man je nach den übrigen Verhältnissen eine Transmission oder eine unmittelbare Vereinigung mit einer Dampfmaschine, indem man den letzteren Antrieb bei grösseren Anlagen stets vorzieht. Selbstverständlich können auch andere Kraftmaschinen zum Betriebe Verwendung finden.

Eine solche geschlossene Anlage einer Ammoniak-Kompressionsmaschine (Linde) geht aus Fig. 887 hervor. Der liegende Kompressor C wird direkt von der Dampfmaschine D angetrieben und zwar mit Hilfe der Kurbelwelle und zweier Kurbeln, welche um 120 bis 140° gegeneinander verstellt sind. Der Kondensator ist mit K und der Verdampfer mit V bezeichnet. Der Kompressor steht durch die Saugleitung e mit dem Verdampfer V und durch die Druckleitung e mit dem Kondensator K unter Einschaltung eines Ölabscheiders F in Verbindung. Die Überführung des Ammoniaks aus dem Kondensator K zu dem Verdampfer V findet durch ein Verbindungsrohr mit Regulirventil statt, während das Rohr c dem Verdampfer die zu kühlende Flüssigkeit, z. B. Salzwasser zuleitet. Die Füllung der Maschine erfolgt gewöhnlich durch flüssiges Ammoniak, das aus einem Behälter mittels einer Rohrleitung in die Flüssigkeitsleitung zwischen Kondensator und Verdampfer eingeführt wird. In einzelnen Fällen findet die Füllung auch in der

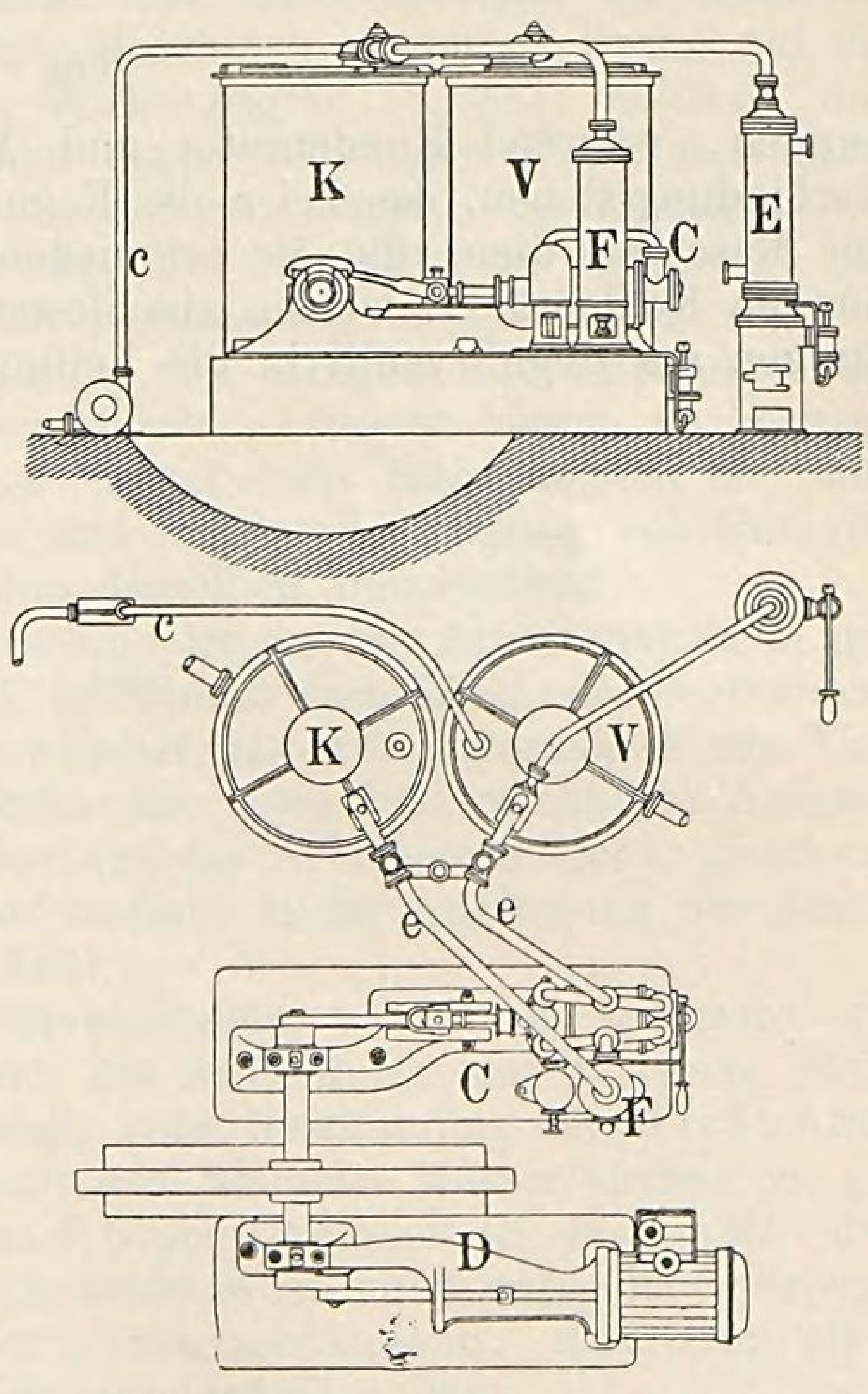


Fig. 887.

Weise statt, dass man mit der Anlage einen besonderen Ammoniakdestillirapparat E verbindet, den man mittels einer Handpumpe mit käuflichem

Salmiakgeist füllt, aus dem das Ammoniak durch eine geheizte Dampfschlange ausgetrieben wird, um ebenfalls in die Zwischenleitung zu gelangen.

Als Muster einer Kohlensäure-Kältemaschinenanlage (Riedinger) kann die in Fig. 888 skizzirte gelten. Der liegende Kompressor C wird direkt von der Kurbelwelle der Dampfmaschine D bethätigt, durch ein Saugrohr mit dem Verdampfer V und ein Druckrohr mit dem Kondensator K ver-

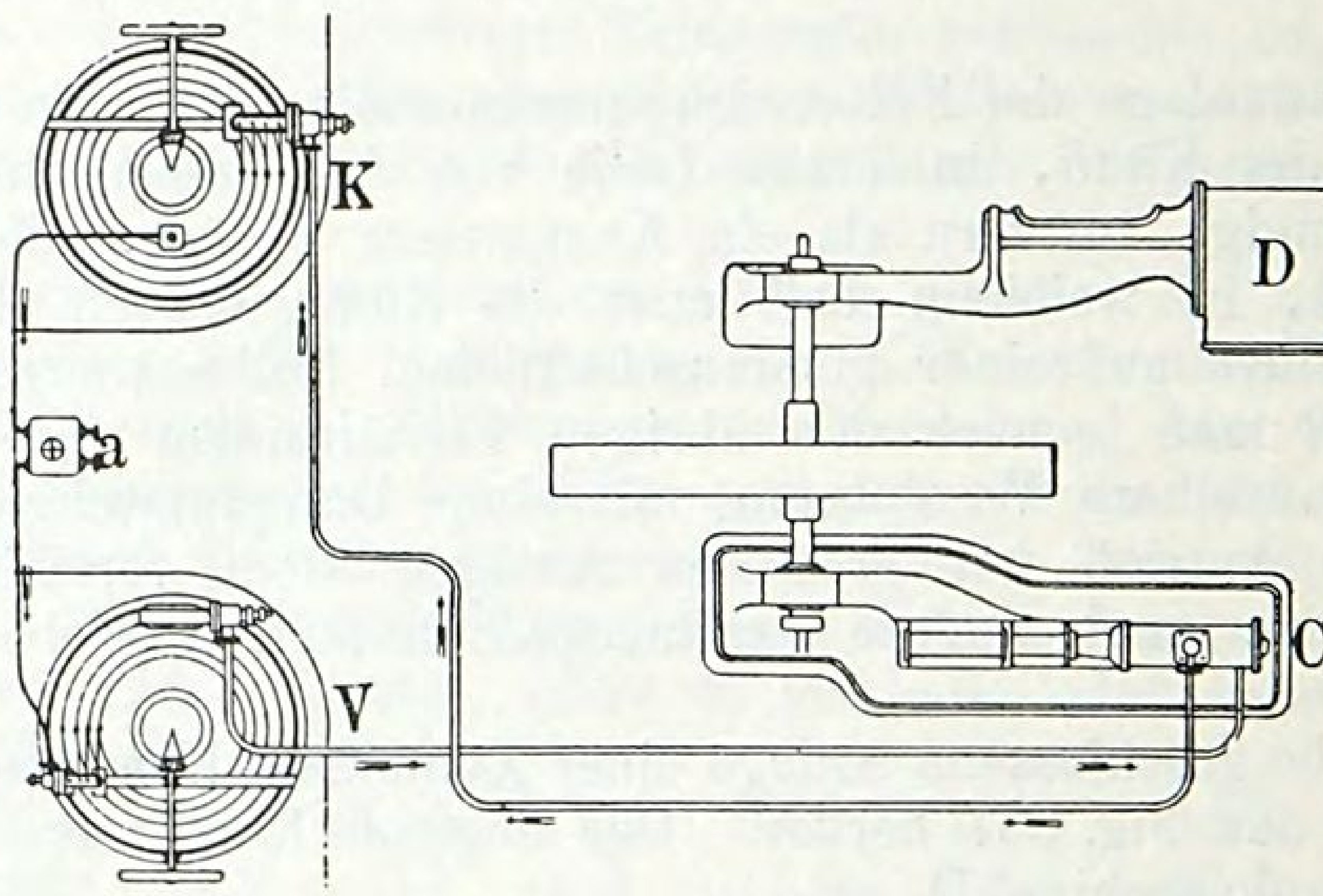


Fig. 888.

bunden, während Kondensator und Verdampfer mittels eines Rohres in Verbindung stehen, das bei a das Regulirungsventil aufnimmt. Zur Füllung der Maschine dient die in schmiedeisernen Flaschen vorrätig gehaltene flüssige Kohlensäure, welche aus diesen Flaschen durch ein Rohr und einen Stutzen am Regulirventil in die Leitung eingeführt wird.

Fünfter Teil.

Zustandsmaschinen.

Die Zustandsmaschinen sind in erster Linie dazu bestimmt, diejenigen Vorgänge und Zustände von Maschinen und Maschinenteilen zu ermitteln, von welchen die Leistungsfähigkeit der Maschinen sowohl in Bezug auf die Grösse selbst als in Bezug auf den Wirkungsgrad (S. 487) abhängt und beeinflusst wird. — Ausserdem sind ihnen diejenigen Maschinen zuzuzählen, welche dazu dienen, nur einzelne Eigenschaften oder Zustände von Körpern festzustellen z. B. das Gewicht, die Festigkeit u. dergl. — Da sie der ersten und hauptsächlichsten Bestimmung entsprechend zugleich ein hervorragendes Mittel zur Erkennung von Mängeln und Unregelmässigkeiten abgeben und auf die Ursachen dieser schliessen lassen, so besitzen sie noch den besonderen Wert, dass es mit ihrer Hilfe möglich ist, den Gang der Maschinen zu überwachen und auf die Beseitigung von Unregelmässigkeiten und Unvollkommenheiten desselben hinzuwirken.

Die Leistungsfähigkeit einer Maschine ist an das Arbeitsvermögen gebunden, welches dieselbe entwickelt, aufnimmt, fortpflanzt oder verbraucht, sowie durch die Form bedingt, in welcher das Arbeitsvermögen zur Verwendung gelangt. Demgemäss besteht die erste und wichtigste Aufgabe der Zustandsmaschinen in der Ermittelung des Arbeitsvermögens, gleichviel welchem Zwecke dasselbe dient, und sodann in der Auffindung der Form, in welcher die Energie wirkend auftritt.

Zur Bestimmung eines Arbeitsvermögens kommt in Betracht die Messung der wirksamen K r a f t und die Auffindung des W e g e s, längs welchem die Kraft zur Wirkung gelangt, nebst Bestimmung der W i r k u n g s - z e i t, oder also um den Vergleich mit den üblichen Maasseinheiten zu gewinnen: die Messung von Kraft und Geschwindigkeit (S. 475). Mit den gebräuchlichen Maschinen lassen sich beide Messungen entweder getrennt, wenn auch gleichzeitig, oder aber zusammenhängend, d. h. von einer Maschine ausführen, weshalb man zu unterscheiden hat.

1. Geschwindigkeitsmesser,
2. Kraftmesser,
3. Arbeitsmesser.

Erstes Kapitel.

Geschwindigkeitsmesser.

Legt ein Körper innerhalb einer Zeit t einen Weg s zurück, so ist dessen Geschwindigkeit $c = \frac{s}{t}$. Um diese Geschwindigkeit möglichst genau zu erfahren, ist die Beobachtung während einer längeren Zeit erforderlich und damit auch die Messung eines längeren Weges bedingt. Weil aber die an den Maschinen vorkommenden Weglängen in der Regel sehr kurz sind, so ist man gezwungen, zu dem in Rede stehenden Zwecke eine grössere Reihe unmittelbar aufeinander folgender kleiner Weglängen zu zählen und die Summe dieser Weglängen als gemessenen Weg zu betrachten. Diese in der Regel vollkommen gleiche Weglängen sind entweder gerade gestreckt (z. B. bei der Bewegung von Kolbenstangen u. dergl.) oder im Kreise verlaufend (z. B. bei der Bewegung der Turbinen) und dann wiederkehrend (bei der Hin- und Herbewegung) oder gleichgerichtet (bei der Drehbewegung), so dass die Geschwindigkeitsmesser darauf eingerichtet sind, entweder Hübe oder die Umdrehungen zu zählen, und in Hubzähler und Umdrehungszähler zerfallen. — Die Hub- und Umdrehzähler sind nur geeignet, die während einer beliebigen Zeit stattgefundenen Bewegungen zu zählen. Da es sich jedoch in zahlreichen Fällen darum handelt, zu jeder Zeit die Geschwindigkeit dieser Bewegungen zu erkennen, so stehen zu diesem Zwecke den Zählern die eigentlichen Geschwindigkeitsmesser oder Tachometer zur Seite, welche die augenblickliche Anzahl von Umdrehungen angeben.

I. Hubzähler.

Die Hubzähler bestehen allgemein aus einer Anzahl, gewöhnlich drei bis sieben, Zahnrädern mit Dezimalteilung, also mit je zehn Zähnen, sowie einem Schaltzahn, die derart neben einander oder übereinander in einem Gehäuse drehbar angebracht sind, dass nach jeder ganzen Umdrehung eines Rades das nächstfolgende durch Eingriff des Schaltzahnes eine Verschiebung um einen Zahn erhält. Neben den Zähnen befinden sich auf den Rädern die Zahlen 0 bis 9 markirt, welche der Reihe nach durch Öffnungen in der Gehäusewand zum Vorschein kommen und zwar erst die Einer, dann die Zehner u. s. w., so dass mit einem 6räderigen Hubzähler bis 999999 Hübe gezählt werden können. Die Übertragung der Hübe auf das erste Zählrad erfolgt durch ein Schaltrad (Fig. 115, S. 66), dessen Schaltzahnhebel in passender Weise mit dem hin- und hergehenden Teil verbunden ist.

II. Umdrehzähler und Umdrehgeschwindigkeitsmesser.

Die Umdrehzähler sind deshalb von grösserer Bedeutung und Anwendungsfähigkeit, weil sie zugleich in allen Fällen, in welchen die geradlinige Hubbewegung in eine Kreisbewegung verwandelt wird und umgekehrt die Hubzähler ersetzen können, da es gleichgültig ist, ob man die Hübe oder die gleichzahligen Umdrehungen zählt.

In ihrer Anordnung stimmen sie daher auch oft mit den Hubzählern überein, indem der Unterschied nur darin besteht, dass das erste Rad nicht durch einen Schaltzahn, sondern durch eine Schnecke die Bewegung empfängt, die bei jeder Umdrehung das Zehnerrad um einen Zahn vorrückt und eine Verbindung mit der rotirenden Welle durch Schnüre und Schnurrollen, durch eine dreikantige Spitze, eine Schraube und dergl. Ihrer Einfachheit wegen sind besonders diejenigen Umdrehzähler in Benutzung, bei welchen (Fig. 889) nur zwei Räder in eine Büchse T eingeschlossen vorhanden sind, wovon das eine 100, das andere 101 Zähne erhält. Indem nun beide Räder gleichzeitig von derselben Schnecke a angetrieben werden, rückt das eine für je 100 Umdrehungen gegen das andere um einen Zahn vor, so dass von einem Rade die Zehner, von dem andern die Hunderte durch Zeiger abzulesen sind.

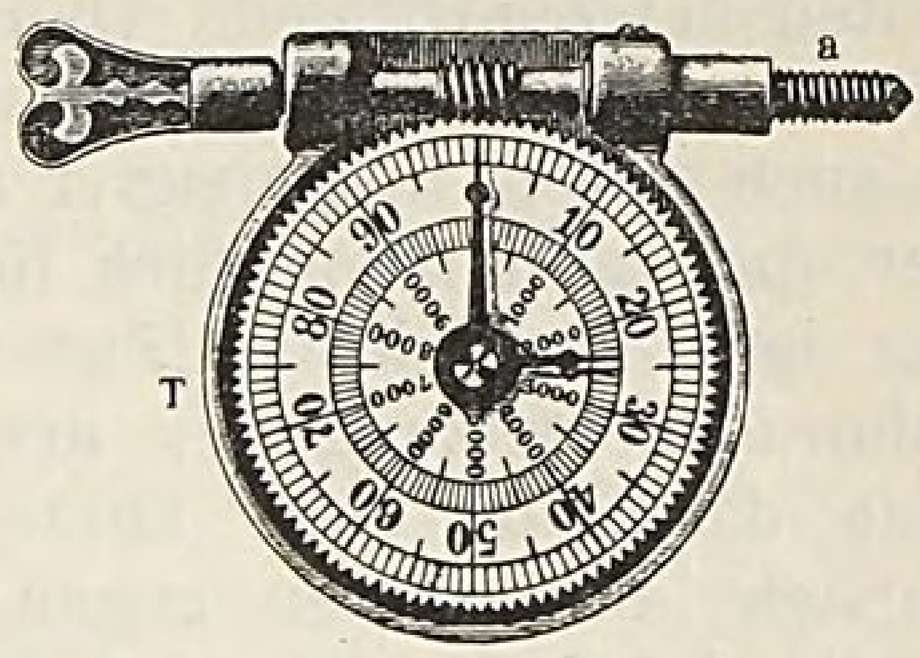


Fig. 889.

Der Konstruktion der hier in Betracht kommenden Umdrehungsgeschwindigkeitsmesser oder Tachometer liegt allgemein die Anwendung der Zentrifugalkraft zu Grunde, die entweder eine Flüssigkeit oder eine feste Masse in Bewegung setzt und dadurch eine Lagenveränderung derselben hervorruft, die in einer bekannten Beziehung zu der Winkelgeschwindigkeit steht und daher unmittelbar zur Angabe der Drehgeschwindigkeit zu benutzen ist.

Dreht sich ein mit Flüssigkeit gefüllter Hohlkörper um seine senkrechte Achse, so bildet die Oberfläche der Flüssigkeit ein Umdrehungsparaboloid, dessen Scheitel um so tiefer sinkt, je grösser die Winkelgeschwindigkeit wird, aber, unter der Voraussetzung, dass Flüssigkeit und Gefäss sich nicht ändern, bei einer bestimmten Geschwindigkeit stets an derselben Stelle liegt. Ist die letztere daher für bestimmte Geschwindigkeit ermittelt und markirt, so dient sie als Erkennungszeichen der Geschwindigkeit. Auf dieser Grundlage beruhen die Flüssigkeitstachometer, welche in verschiedenen Formen Verwendung finden.

Eine Form des Tachometers (Gyrometer) besteht aus drei senkrechten in einer Ebene liegenden, kommunizirenden Röhren, wovon das mittlere mit der Drehachse zusammenfällt und aus Glas hergestellt wird.

Füllt man dieses System mit einer Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, Glyzerin oder Alkohol, so steigt diese bei der Drehung desselben in den Seitenschenkeln in die Höhe und fällt in der Mittelröhre, so dass die Geschwindigkeit beziehungsweise die Anzahl der Umdrehungen an dem Flüssigkeitsstande mittels einer Skala unmittelbar abzulesen ist.

Die einfachste und empfehlenswerteste Form (Braun) jedoch ist in Fig. 890 dargestellt. Die Flüssigkeit, welche sich in dem geschlossenen Glascylinder A befindet, besteht der Durchsichtigkeit, Empfindlichkeit und des gleichmässigen Beharrungszustandes halber aus Glyzerin. Der Glascylinder ist in das obere schalenförmige Ende einer Hülse G gekittet, welche unten einen Schnurlauf r trägt und mit einem Ansatz in ein Ölbad taucht. Sie dreht sich mittels einer Schnur um die mit der Schraube F befestigte Spindel w und erzeugt in dem Glasgefässe a das Paraboloid,

dessen Scheitel als dunkler Punkt erscheint und daher an der auf dem Glascylinder eingravirten Skala leicht erkennbar ist. Infolge der geringen Bewegungsmasse eignet sich dieses Tachometer namentlich für grosse Umdrehzahlen, z. B. zum Messen der Geschwindigkeiten der Zentrifugen, Dynamomaschinen etc. und kann leicht den verschiedensten Gebrauchszwecken angepasst werden, da es auch sowohl in geneigter als selbst horizontaler Lage anwendbar und dann namentlich für kleine Geschwindigkeiten brauchbar ist. Desgleichen lässt es sich leicht mittels einer Kegelzahnradübersetzung für den Handgebrauch einrichten, indem man das Ende einer kurzen Welle mit einem Kautschukring versieht und diesen gegen das Ende der zu untersuchenden Welle drückt, wobei eine federnde Spitze zentrirt.

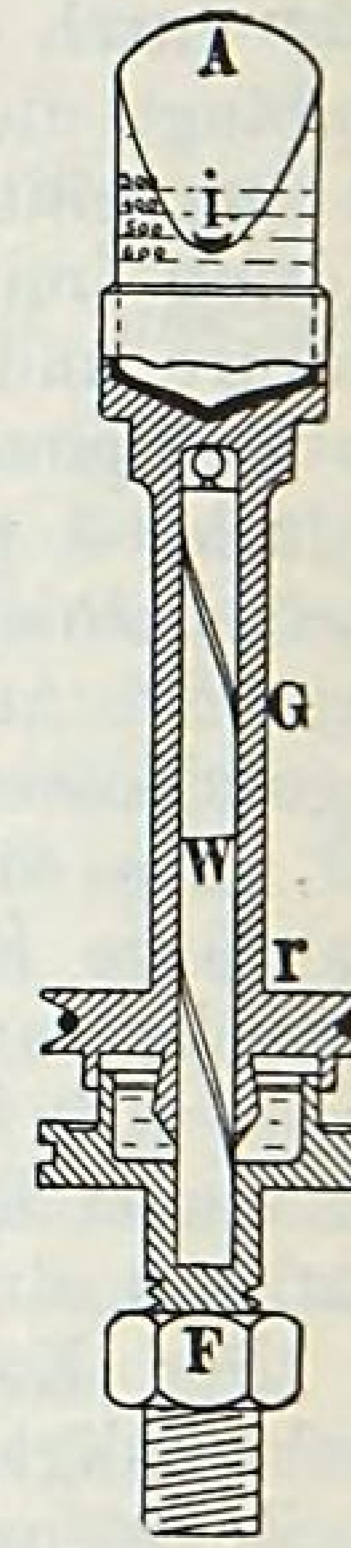


Fig. 890.

Die Anordnung der Tachometer, welche auf die Verwendung fester, der Zentrifugalwirkung unterliegender Massen beruhen, stimmt im Wesen mit derjenigen der Zentrifugalregulatoren überein, indem pendelartig bewegte Teile auf einen Zeiger einwirken, dessen Stellung — nach der S. 250 gegebenen Auseinandersetzung — durch den Ausschlagwinkel, also durch die Winkelgeschwindigkeit bedingt und demgemäss zur Angabe der Umdrehzahl benutzt wird.

Zu den bewährtesten und deshalb verbreitetsten Tachometern dieser Art gehört das in Fig. 891 zur Darstellung gebrachte (Buss — Sombart). Dasselbe besteht aus zwei mit einander verbundenen Gehäusen, wovon das eine den Pendelapparat, das andere das Zeigerwerk enthält. Der Pendelapparat ist nach Art des Regulators Fig. 302 S. 256 aus Doppelpendeln

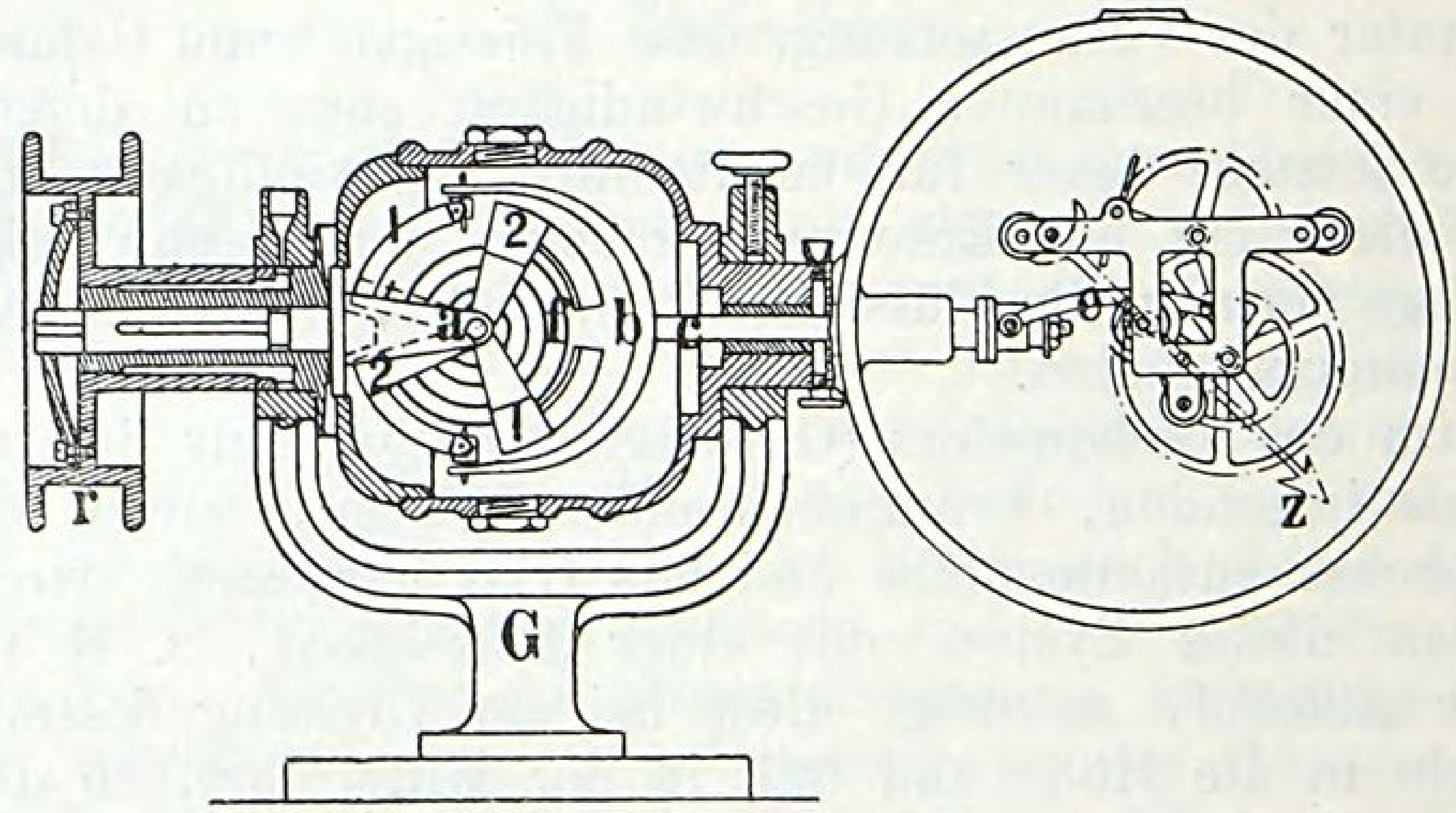


Fig. 891.

1, 1 und 2, 2 gebildet, welche mit einer Achse verbunden sind, die in einem Gabelstück a gelagert ist, das an einer kurzen Welle sitzt und mit dieser von der Riemenstufenscheibe r in Rotation versetzt wird. An die Pendel ist gelenkartig ein Bügel b angeschlossen, der mit der Stange c verbunden ist, deren Längsverschiebung mittels des Stäbchens e und Zahnrädchen auf den Zeiger z einwirkt, so dass die Stellung des letzteren der Bewegung der Stange c folgt. Gelangt der Pendelapparat in Drehung, so erhalten die Pendel das Bestreben auszuschlagen, d. h. sich mit ihrer

Achse zu drehen, welches zur Folge hat, dass die zwei schwereren Pendelarme sich nach aussen bewegen, und die beiden anderen den Bügel b und somit die Pendelstange c nach innen ziehen und dementsprechend den Zeiger z einstellen, der auf einem passend eingeteilten Zifferblatte die Anzahl der Umdrehungen in der Minute oder auch die Winkelgeschwindigkeit in *m* zeigt.

Um die Pendel stets in die Mittelachse des Apparates zurückzubringen, ist eine Spiralfeder f angebracht, welche mit dem inneren Ende an das eine und mit dem äusseren Ende an das andere Pendel angeschlossen ist, so dass die Spannung dieser Feder der Zentrifugalkraft der Pendel mit einer bestimmten Kraft entgegenwirkt. — Desgleichen dient eine feine Spiralfeder dazu, den Zeiger z stets auf den Nullpunkt zurückzudrehen, wenn der Apparat in Ruhe ist, während ein von den anderen noch sichtbaren Zahnrädern in Umdrehung versetzter Windflügel das Zeigerwerk von starken Erschütterungen derart schützt, dass ein störendes Schwanken des Zeigers nicht eintritt.

Die Anwendbarkeit dieses Tachometers wird noch dadurch erhöht, dass ihre Aufstellung in beliebigen Lagen erfolgen kann, und dass sich die Gehäuse innerhalb des gabelartigen Gestelles G drehen lassen.

Bei dem Gebrauche dieses Tachometers ist in vielen Fällen das Bedürfnis vorhanden, die Umdrehungsgeschwindigkeiten fortlaufend aufzuzeichnen, um mit Hilfe dieser Aufzeichnungen nicht nur die während eines bestimmten Zeitraumes stattgefundenen Umdrehzahlen, sondern auch die aufgetretenen Schwankungen der letzteren kennen zu lernen. Für diesen Fall ist dasselbe mit einem Registrirapparate versehen, bei welchem die Pendelstange durch einen Winkelhebel, Lenker und eine kleine Führungsstange ihre Bewegung auf einen Bleistift überträgt, welcher auf einen Papierstreifen drückt, der durch ein Uhrwerk von einer Rolle abgewickelt und in einem unterhalb des Apparates angebrachten verschliessbaren Behälter aufgefangen wird (Tachograph).

Zweites Kapitel.

Kraftmesser.

Die Kraftmesser pflegt man in zwei Klassen einzuteilen, je nachdem sie dazu bestimmt sind, ausschliesslich oder fast ausschliesslich Körpergewichte zu vergleichen oder beliebige Kräftegrössen zu messen, und sie demgemäss Waagen und Dynamometer zu nennen.

I. Waagen.

Die Vergleichung von Körpergewichten erfolgt entweder in der Weise, dass man die zu wägenden Körper mit einem Arme eines doppelarmigen Hebels in Verbindung bringt und den anderen Arm mit Körpern von bekanntem Gewichte (Gewichte) in dem Maasse belastet, bis das System im Gleichgewichte ist (Hebelwaagen), oder indem man dieselben an eine gespannte Feder hängt, deren Formänderungsgrösse den Maasstab für das

Gewicht der angehängten Last abgiebt (Federwaagen). Zur Erkennung des Gleichgewichtes, das eine bestimmte Lage des Hebels oder eine bestimmte Stellung der Feder bedingt, dient ein Zeiger, der in vielen Fällen zugleich die Gewichtsgrösse anzeigt. — Die Waage muss vor allem befähigt sein, das Gewicht der Last thunlichst genau, also auch in kleinen Bruchteilen des Einheitsgewichtes (Kilogramm, Gramm u. dergl.), anzugeben. Da jedoch der Grad der Genauigkeit mit der Absicht zusammenhängt, die bei der Gewichtsvergleichung verfolgt wird und demgemäss sehr verschieden ist, z. B. zwischen der Waage für analytische Arbeiten der Chemiker und einer gewöhnlichen Krämerwaage, so richtet sich auch der Genauigkeitsgrad nach der Bestimmung der Waage. Derselbe findet seinen Ausdruck in dem sog. Empfindlichkeitsgrad, d. h. in derjenigen Kraft, welche ausreicht, um an der vollbelasteten Waage noch eine bemerkbare Lagenveränderung oder Bewegung des Zeigers hervorzurufen. Man drückt denselben gewöhnlich durch den Bruch $\frac{p}{Q}$ aus, in dem Q das die Waage belastende Gewicht und p diejenige Kraft in Gewicht ausgedrückt ist, welche bei dieser Belastung noch eine Zeigerbewegung veranlassen kann. — Bei einem zweiarmigen Hebel wird nach dem Hebelgesetze eine Lagenveränderung um so leichter eintreten, je länger der Hebelarm ist, an dem das Gewicht p hängt, weshalb lange Hebel die Empfindlichkeit erhöhen, während letztere bei Federwaagen von der Nachgiebigkeit (Elastizität) der Feder abhängt. In beiden Fällen wird die Grösse, um welche eine Veränderung der Lage erfolgt, zugleich zur Messung der Empfindlichkeit dienen können, also bei Hebelwaagen durch den Winkel (Empfindlichkeitswinkel) bestimmt sein, welcher von beiden Lagen eingeschlossen und durch den Zeiger angegeben wird (Ausschlag).

A. Hebelwaagen.

Ganz allgemein besteht eine Hebelwaage (Fig. 892) aus einem Hebel a c b (Balken, Waagebalken), der von einem Ende die Last L und am anderen Ende das Gewicht P aufnimmt, sowie an dem Punkte a schwingend von einer Stütze p oder einem Bügel (Scheere) getragen wird. Dieser Hebel befindet sich im Gleichgewichte, wenn die Bedingung erfüllt ist: $L . \overline{ac} = P . \overline{bc}$. Damit jedoch sich der Balken bei diesem Gleichgewichtszustande zugleich in die horizontale Lage einstellt, muss stabiles Gleichgewicht vorhanden sein, d. h. der Schwerpunkt des ganzen Systems unter dem Unterstützungspunkt c liegen. Die Leichtigkeit der Bewegung hängt, ausser von der Grösse der Belastung = Gewicht L, der Last + Gewicht P, der Gewichte + Gewicht G des Balkens etc., besonders von Kippmomenten und der Reibung ab, die an den Aufhängestellen a, c und b auftreten, weshalb zur möglichsten Verminderung derselben und damit Erhöhung der Genauigkeit und Empfindlichkeit die Aufhängestellen als Schneiden s mit Pfannen p ausgebildet werden müssen. — Der Vorschlag, die

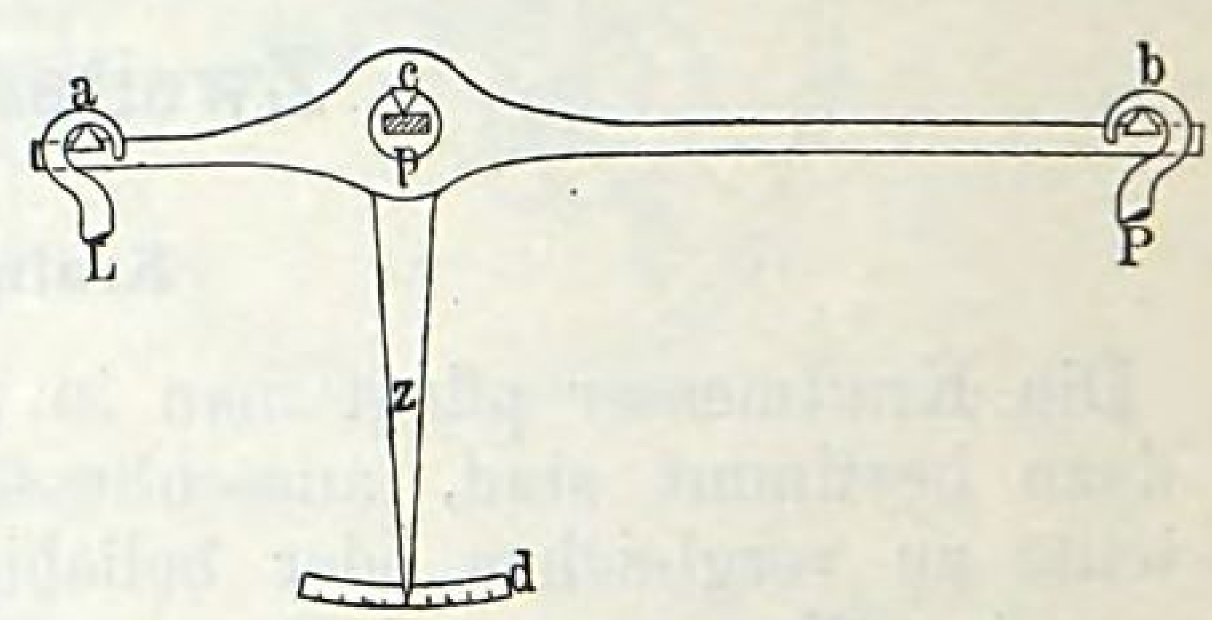


Fig. 892.

Waage an leicht biegsamen Stahlfedern aufzuhängen, hat bis jetzt keine nennenswerte Anwendung gefunden. — Der Zeiger (Zunge) z, der beliebig nach oben oder nach unten gerichtet oder auch als Verlängerung eines der Hebel a c oder b c anzubringen ist, spielt auf einer Skala d und stellt sich auf Null, wenn das Gewicht P genau das Gewicht L angiebt.

Je nachdem die Hebelarme a c und b c gleich oder ungleich sind, unterscheidet man gleicharmige und ungleicharmige Hebelwaagen, sowie zusammengesetzte, wenn grössere Übersetzungsverhältnisse und mehrere Hebel oder Balken zum Tragen der Last wünschenswert oder notwendig erscheinen.

Eine gewöhnliche gleicharmige Hebelwaage besteht (Fig. 893) aus dem Balken a c b, dessen Schneide c in einer Pfanne der Säule S ruht, und dessen Zeiger z auf einer Skala spielt. Zur Aufnahme der Last und der Gewichte dienen die Schalen L und P, welche entweder mit Ketten oder, um die Seiten für das Aufbringen der Last L freizuhalten, mit einer Eisenstange t an den Balken gehängt werden. Ein Quadrant mit Löchern und Stift i dient zum Festlegen der Waage, die in sehr verschiedenen Grössen (von 10 bis 200 *kg* Belastung) auch als sog. Sackwaage Verwendung findet, je nach Grösse auf einem Tische oder auf dem Fussboden aufgestellt, und dessen Schalenträger t mit Armen r, r zum Stützen von gefüllten Säcken versehen wird.

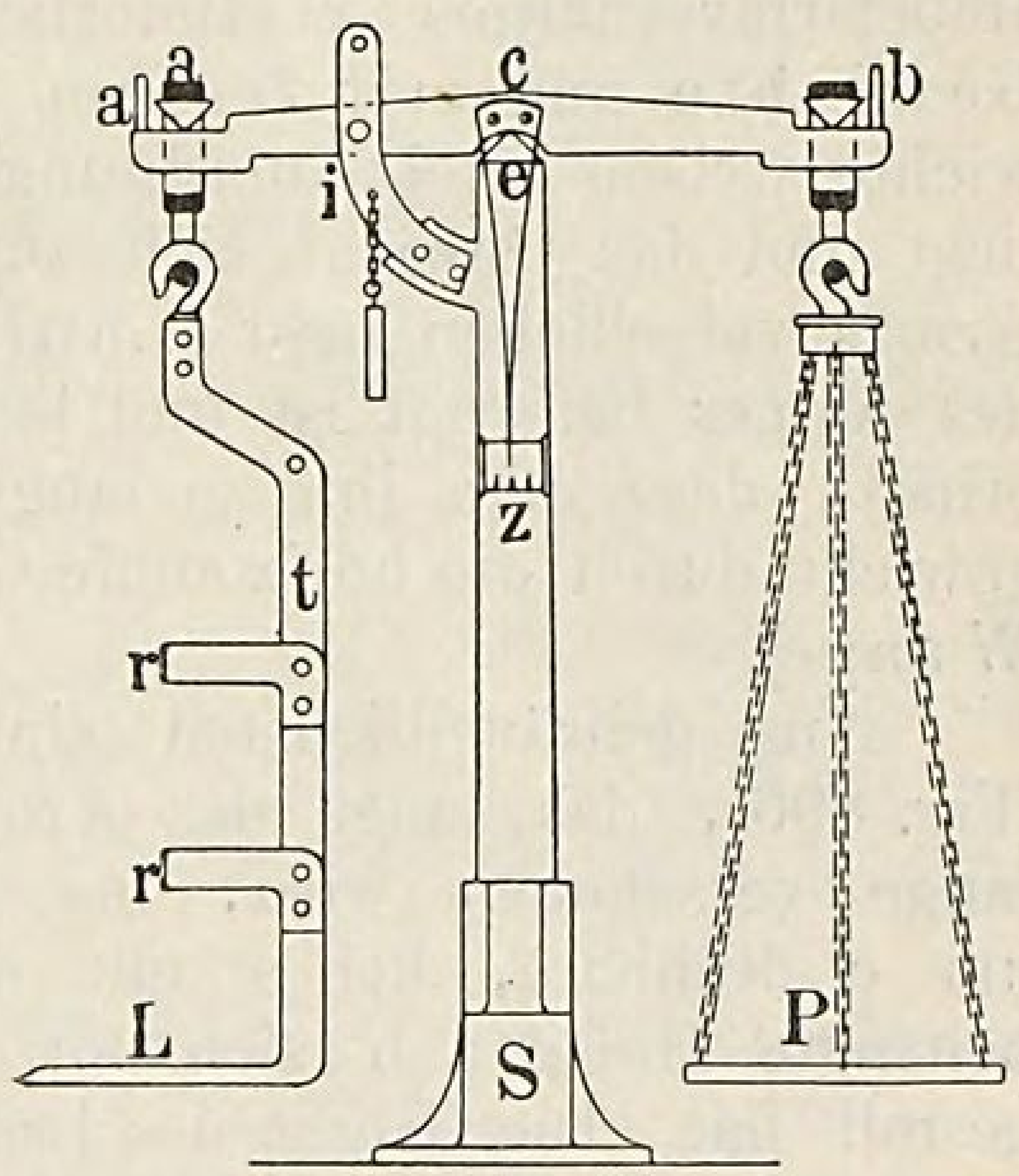


Fig. 893.

Um die Waagschalen frei zugängig zu machen durch Beseitigung der Aufhängeketten sind die sog. oberschaligen Wagen entstanden, bei welchen die Schalen, damit sie eine horizontale Lage behalten, mittels eines Gelenkes an den Waagebalken anzuschliessen und mit einer Geradeführung zu versehen sind. — In der durch Fig. 894 vergegenwärtigten Anordnung (Roberval) erfolgt Stützung und Führung der Schalen L und P durch ein Parallelogramm, dessen Seite a b den Waagebalken bildet. Da diese Waage den Nachteil hat, dass je nach Lage der Last das Moment auf die Gelenkstangen g, g sehr verschieden ausfällt und wirkt z. B. bei 1 ziehend, bei 2 drückend, so kann sie keine gleichbleibende Empfindlichkeit besitzen und nur untergeordnete Verwendung finden.

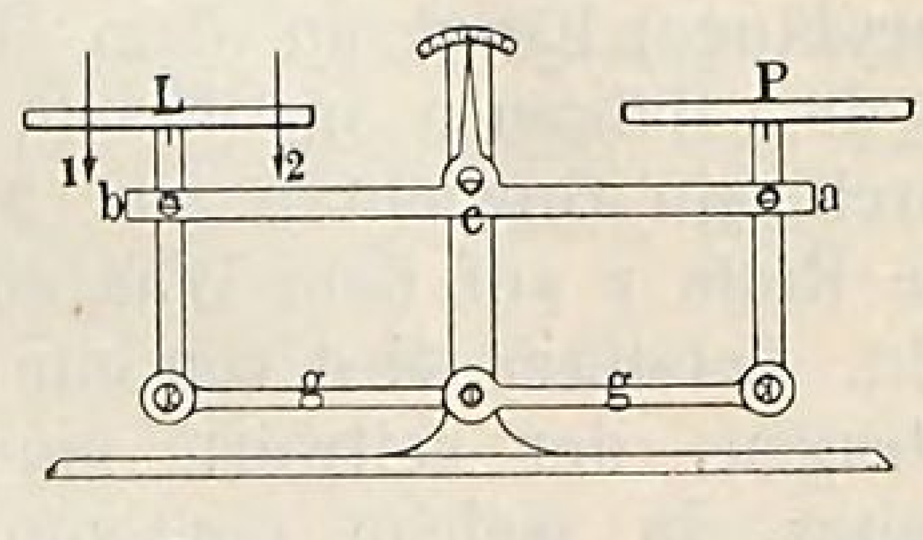


Fig. 894.

Bei der in Fig. 895 skizzirten Einrichtung (Pfitzer) mit dem Waagebalken a c b ist der erwähnte Mangel dadurch beseitigt, dass die Schalen doppelt durch a d und s und durch b e und t in der Weise gestützt sind, dass die Druckrichtungen in allen

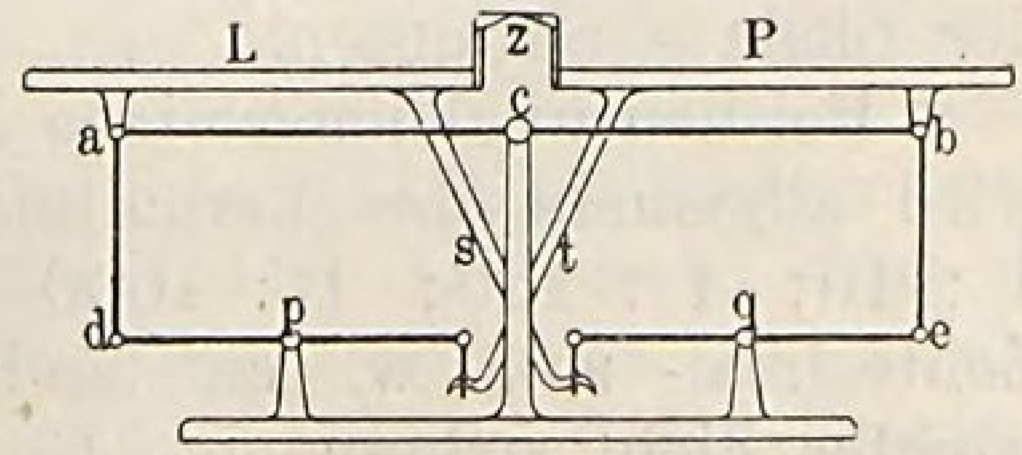


Fig. 895.

Stützpunkten fast genau senkrecht also parallel bleiben; wenn die Schwerpunkte von L und P nicht aus dem Bereiche zwischen a und s beziehungsweise t und b heraustreten.

Nach dem oben erwähnten allgemeinen Hebelgesetz (L . a c = P . b c) ist die Möglichkeit gegeben, auch mit kleinen Gewichten P grosse Lasten L zu wägen, wenn der Hebelarm b c gegen a c entsprechend lang gewählt wird, und dadurch der Nachteil zu vermeiden, der mit der Hantierung grosser Gewichte verknüpft ist. Aus dem Grunde verdienen die Waagen mit ungleichen Hebelarmen vielfach den Vorzug. Die Ausführung der ungleicharmigen Waagen kann entweder in der Weise erfolgen, dass das Hebelarmverhältnis konstant bleibt und ein verjüngtes Gewicht zur Verwendung gelangt, oder dass das Gewicht konstant bleibt und das Hebelarmverhältnis veränderlich ist (Schnellwaage mit verjüngtem Gewichte und mit festem Gewichte). Die Waagen mit festem Gewichte weisen zwei Anordnungen auf, je nachdem der Hebelstützpunkt fest liegt und das Gewicht sich zur Herstellung des Gleichgewichtes längs des Armes verschieben lässt (Laufgewicht), oder als das Gewicht am Ende des Armes befestigt ist und letzterer eine veränderliche Drehachse dadurch erhält, dass man ihn so lange durch einen Ring verschiebt, bis Gleichgewicht durch die horizontale Gleichgewichtslage angezeigt wird (dänische Waage).

Am gebräuchlichsten sind die Schnellwaagen mit Laufgewicht P (Fig. 896), das längs des Armes c b so lange verschoben wird, bis der ganze um c drehbare, bei a mit der Last L behängte Hebel a b sich horizontal eingestellt hat. Die Grösse des Lastgewichtes wird auf einer Skala abgelesen die auf c b eingeschlagen ist.

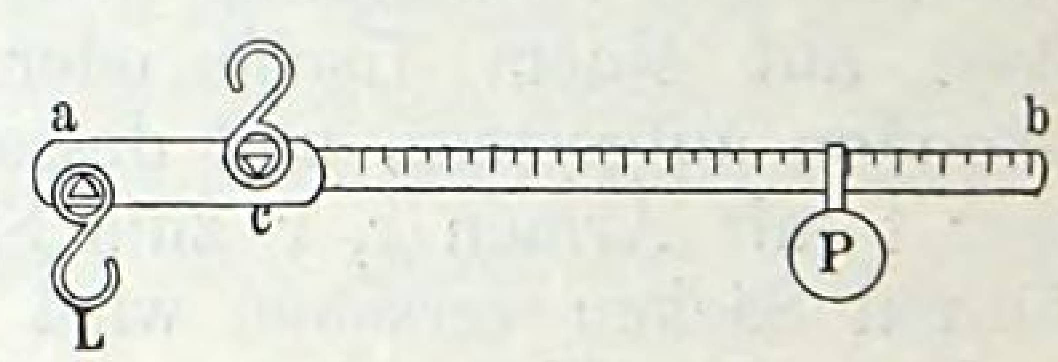


Fig. 896.

Die in Fig. 896 skizzirte Garnwaage mag als Beispiel einer Anordnung dienen, bei welcher ein konstantes Gewicht P dadurch verschiedene Lastgrössen anzeigt, dass der Lasthebelarm verändert wird. Die Last (eine bestimmte Garnlänge) hängt an dem Haken k, der an dem Balken b angebracht ist, welcher, durch ein Gewicht p aus balanzirt, mit der Rolle r auf dem Waagebalken B aufruht. Letzterer wird von einem Schieber S getragen, der seitwärts eine Zahnstange besitzt, in welche ein von dem Handrädchen h zu drehendes Zahnrädchen eingreift. Durch Drehung des Handrädchens h wird S so lange verschoben, bis die Zeiger i einspielen, und dann die Garnnummer an der Skala s abgelesen.

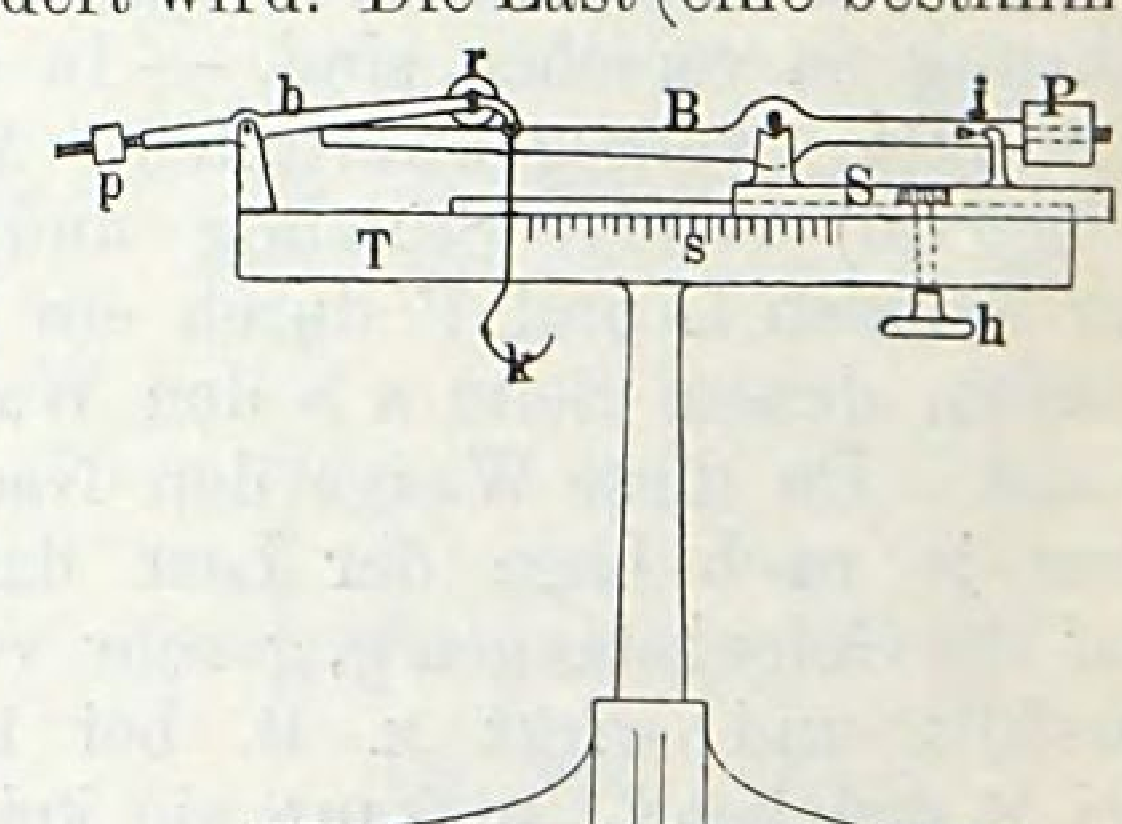


Fig. 897.

Bei den ungleicharmigen Hebelwaagen mit konstantem Hebelverhältnisse wird allgemein das Verhältnis der Hebellängen nach dem Dezimalsysteme 1 : 10; 1 : 100; 1 : 1000 gewählt, wonach die Benennung Dezimal-, Zentesimal- u s. w. entstanden ist. Zur Aufnahme des verjüngten Gewichtes dient sodann eine Gewichtschale, die am längsten Hebelende angebracht ist.

Ist eine Waage dazu bestimmt, grosse Lasten zu wägen, so wird sie nicht nur mit ungleicharmigem Hebel ausgeführt, sondern zur Aufnahme der Last mit einer entsprechend grossen Platte versehen, die möglichst tief liegt, um die Last leicht aufbringen zu können und Brücke heisst. Die danach benannte Brückenwaage wird sogar vielfach in Wege, namentlich in Schienenwege in der Weise eingeschaltet, dass die Brückenoberfläche in gleicher Höhe mit dem Wege liegt, und dann zur sichern und bequemen Bedienung selbst mit Laufschienen belegt, die mit den Wegschienen korrespondiren, so dass Schienenfuhrwerke (S. 747) unmittelbar auf die Brücke gefahren werden können. In solchen Fällen ist die Brücke derart zu stützen und mit dem Waagebalken zu verbinden, dass die Lage und die Stellung der Last auf der Brücke die Gewichtsangabe nicht beeinflusst. In welcher Weise dieser Zustand erreicht wird, geht aus folgendem hervor. Die Brücke L (Fig. 898) erhält eine Unterstützung an zwei Punkten i, und durch die Stange e d die Verbindung mit dem Waagbalken a c b, an dessen Ende die Gewichtsschale P aufgehängt ist. Die zwei Schneiden i befinden ich auf einem gegabelten Träger g f, der bei f mit den zwei Gabelenden unterstützt und bei g mittels der Stange g b an dem Waagebalken aufgehängt ist. Bezeichnet man nun die Last mit L, das Gewicht mit P, die Zugkräfte in den Stangen d e und b g mit X und Y, die Druckkraft in i mit Z und mit h den Angriffspunkt der Last L so finden folgende Beziehungen statt:

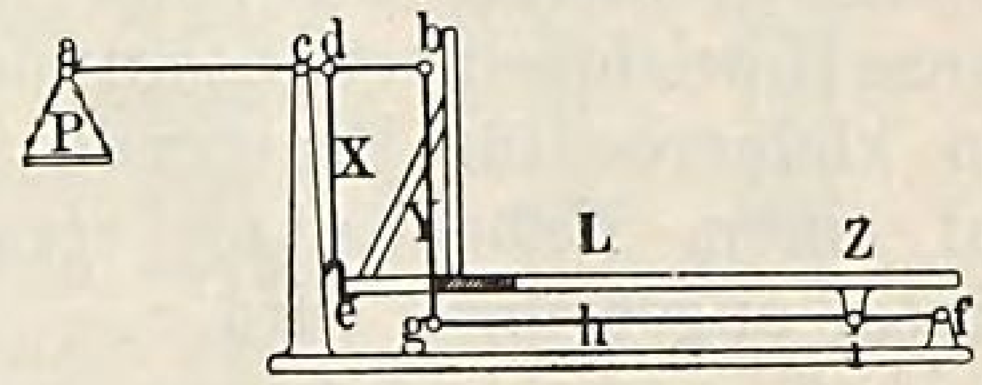


Fig. 898.

$$P \cdot ac = X \cdot cd + Y \cdot cb;\ \text{ferner}\ X \cdot ei = L \cdot hi\ \text{und}\ Z \cdot fi = L \cdot eh.$$

Daraus folgt: $Y \cdot gf = Z\, if$

$$\text{also}\ Y = Z \cdot \frac{if}{gf} = L \cdot \frac{eh}{ei} \cdot \frac{if}{gf}.$$

Demnach findet statt:

$$P \cdot ac = L\, \frac{hi}{ei} \cdot cd + L \cdot \frac{eh}{ei} \cdot \frac{if}{gf} \cdot cb.$$

Da hiernach die Last stets auf den bestimmten Punkt h gesetzt werden müsste, so wäre bei einfacher Erfüllung dieser Bedingungen die Waage unbrauchbar. Werden jedoch die Hebelverhältnisse so gewählt, dass

$$\frac{cd}{cb} = \frac{gf}{if}$$ (gewöhnlich gleich 1 : 6) wird, so folgt:

$$P \cdot ac = L \cdot \frac{hi}{ei} \cdot cd + L\, \frac{eh}{ei} \cdot \frac{cd}{cb} \cdot cb$$

$$\text{oder}\ P \cdot ac = L \cdot \frac{cd}{ei}(hi + eh)\ \text{und, weil}\ ei = eh + hi\ \text{ist}$$

$$P \cdot ac = L \cdot cd$$

also kommt bei dieser Voraussetzung an jeder Stelle der Brücke die Last L in der Weise zur Wirkung, als wenn sie an die Stange d e angehängt wäre.

Die Ausführung einer solchen Brückenwaage als Dezimalwaage geht ohne weiteres aus Fig. 899 hervor. Zu bemerken ist nur noch, dass die Einstellung der Waage an den Zungen z erkannt und dass unter dem Waagebalken B ein Hebel h angebracht wird, der aufgerichtet den Balken B festhält, um unnütze Schwingungen zu vermeiden. Kleine Abweichungen

der leeren Waage von der Gleichgewichtsstellung werden durch das Schiebegewicht g ausgeglichen. Die vorstehend beschriebene tragbare Brückenwaage wird in neuerer Zeit auch oft aus Eisen statt Holz angefertigt und mit zwei Rollenpaaren zum leichten Transportiren ausgestattet. Ihre Tragfähigkeit pflegt die Grösse von 5000 *kg* Last im Allgemeinen nicht zu überschreiten. Statt der bei tragbaren Brückenwaagen leicht in Verlust gehenden Gewichtsstücke empfiehlt sich hier besonders die Verwendung von Laufgewichten, welche deshalb oft in der Weise angewendet werden, dass neben einem grösseren Gewichte für ganze Gewichtseinheiten (*kg*) noch ein kleineres für Bruchteile (*g*) auf einem Nebenbalken verschiebbar angebracht oder als verschiebbares Lineal angeordnet wird. — Bei Anwendung von Laufgewichten hat man vielfach eine Anordnung getroffen, welche dazu dient, die Gewichtsangaben mit Hilfe eines Druckapparates auf eine Karte abzudrucken und wesentlich im folgenden besteht. Der Gewichtshebel sowie das Lineal besitzen an der unteren Fläche erhabene Zahlen, welche mit den Gewichtszahlen übereinstimmen. In dem Laufgewichte befindet sich eine Platte, welche mittels einer exzentrischen Walze von einem Handgriffe ausgehoben werden kann. Ist nun das Laufgewicht und das Lineal eingestellt, so schiebt man auf diese Platte ein Kartenblatt und presst sie durch Drehung des Handgriffes von unten gegen die Zahlen, welche sich dadurch eindrücken.

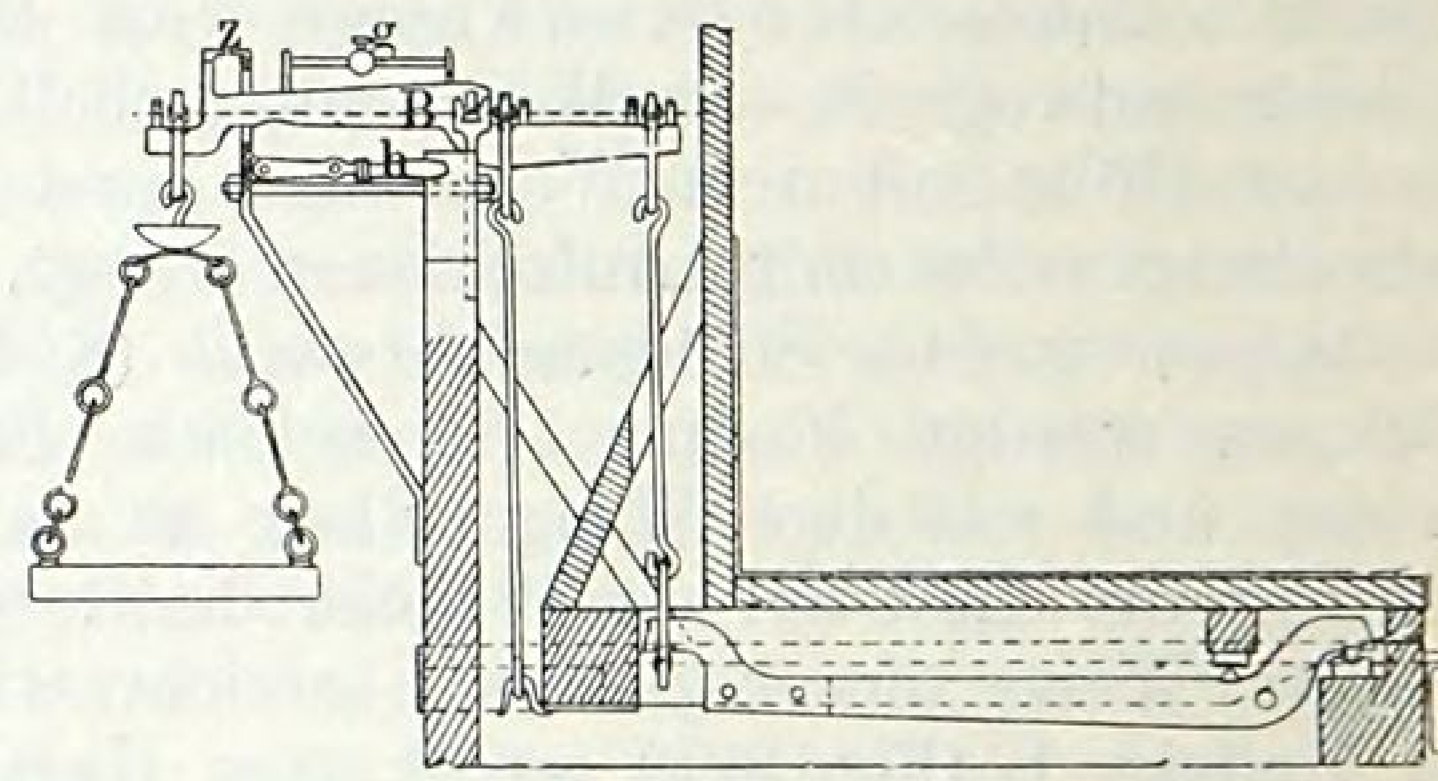


Fig. 899.

Überschreitet das zu wägende Gewicht 5000 *kg*, so wird die Brücke einer gewöhnlichen Brückenwaage in der Regel so gross ausfallen, dass es zweckmässig und daher allgemein gebräuchlich ist, dieselbe (Fig. 900) an

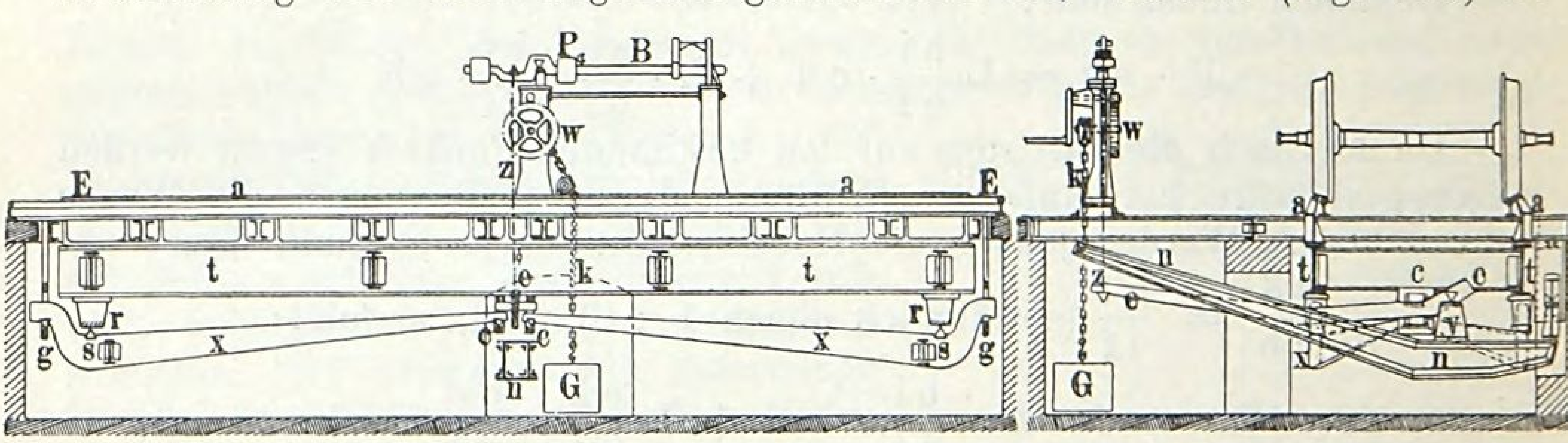


Fig. 900.

beiden Enden E auf zwei Schneiden s zu legen, also auch zwei Dreieckshebel anzuwenden, die mit dem Waagebalken B zu verbinden sind und zwar mit Hilfe eines unter der Brücke liegenden Querhebels e e, weil die Brücke E E die Lagerung des Waagebalken und die Anbringung der Zugstange z unmittelbar über den Hebelendpunkten c c verhindert. Gleichzeitig wird durch diese doppelte Übersetzung das Verhältnis der Last zum Gewichte gleich 100 : 1 gewählt, so dass diese grossen Brückenwaagen Zentesimalwaagen und oft befähigt sind, Lasten bis 30 000 *kg* zu wägen. Die weitere Anordnung einer solchen Waage (Zeidler) geht aus

Fig. 900 hervor. Die Traghebel x, x stützen sich mit Schneiden in Gehängen g, g und liegen mit zwei Schneiden c, c auf Pfannen des Querhebels e e, der, von der Zugstange z aufgenommen, an den Waagebalken B mit Laufgewicht P angehängt ist. Die Brücke E E ist der Leichtigkeit und Tragfähigkeit halber aus Schmiedeisenträgern konstruirt und mit Bodenplatten aus Gusseisen oder Holz belegt.

Die grossen Brückenwaagen erhalten ausnahmelos zur Schonung der empfindlichen Teile Vorrichtungen, welche die Schneiden aus den Pfannen heben und die Waage für den Ruhestand auf besonderen Stützen tragen also die Schneiden entlasten. Diese Entlastungsvorrichtungen wirken entweder in der Weise, dass die Verbindung des Querhebels mit dem Waagebalken aufgehoben oder verlängert wird, damit die Waage sich auf feste Stützen niederlassen kann, oder dass die Waage mit Gegengewichten ausbalanzirt wird, die zugleich mit Hilfe eines besonderen Mechanismus Stützen gegen die Waage vorrücken lassen und diese dadurch soviel heben als zur Entlastung genügt. Zur Entlastung nach der ersten Art bedient man sich vielfach (Fig. 901) einer Schraube, welche das Gehänge z mit Mutter aufnimmt, und mit dem Waagebalken a verbindet. Durch Drehung dieser Schraube von dem Handrad h aus erfolgt die Entlastung durch Senkung der Stange z.

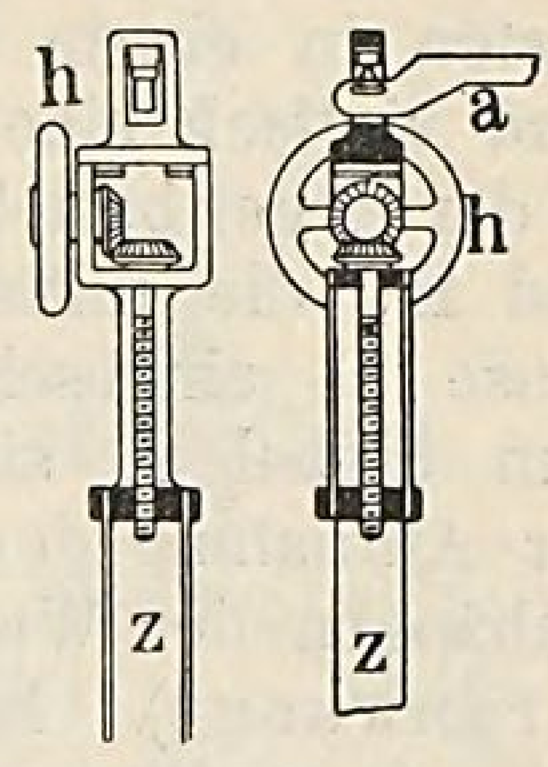


Fig. 901.

Bei der in Fig. 900 dargestellten Waage ist die andere Art der Entlastung angewendet. Ein starker Querhebel n n trägt an einer Kette k ein Ausgleichgewicht G, das mittels des bei w sichtbaren Windewerkes gehoben oder gesenkt werden kann und dem Eigengewichte der Brücke und etwa der halben Belastung das Gleichgewicht hält. Dieser Hebel n n findet am anderen Ende in einer Mauernische mittels eines **T** Stückes, dessen untere Kante über die Breite hinausragt und als Schneide dient, Stützung und bei V einen Lagerkörper für die Aufnahme der Schneiden des Waagenhebels e e, so dass letzterer und damit die Brücke zum Zwecke der Entlastung mittels des Windewerkes w gesenkt wird.

Sind diese Brückenwaagen als sog. Gleiswaagen dazu bestimmt, Eisenbahnfuhrwerke zu wägen, so versieht man die Brückenoberfläche mit einem Stücke Schienengleise, auf welches die Fuhrwerke aufgeschoben werden. Da jedoch diese Anordnung eine sehr störende Gleisunterbrechung zur Folge hat, so trifft man viel zweckmässiger eine Einrichtung von Trägern auf der Oberfläche der Brücke, welche sich neben dem festliegenden ununterbrochenen Fahrgleise auf- und abbewegen und aufgefahrene Wagen dadurch heben, dass sie die seitwärts vorspringenden Laufflächen der Wagenräder aufnehmen. Eine solche Konstruktion mit Aussenbacken ist ebenfalls an der Waage Fig. 900 angebracht. Die Aussenbacken a, a bilden besonders geformte Träger, die auf den Längsträgern t, t befestigt und so abgemessen sind, dass sie an den Schienen vorbeistreifen, sowie die Räder r aufnehmen und soweit heben können, dass für das Wägen genügend Spielraum bleibt. Diese Aussenbacken gewähren noch den besonderen Vorteil, dass die Anbringung von Querschwellen zwischen den Schienen nicht verhindert wird, ohne den Belag der Brücke auszuschliessen, der über die Querschwellen hinweggeht.

Zum Wägen kleinerer Lasten sind auch oberschalige Dezimalwaagen in Gebrauch, welche gewöhnlich nach dem durch Fig. 902 verdeutlichten Schema (George) eingerichtet werden. Die Lastschale L, welche mittels der Gelenke g, g eine Parallelführung erhält, hängt nach Art der Dezimalwaagen an dem Balken B, an dessen anderem Ende die Gewichtsschale P angebracht ist.

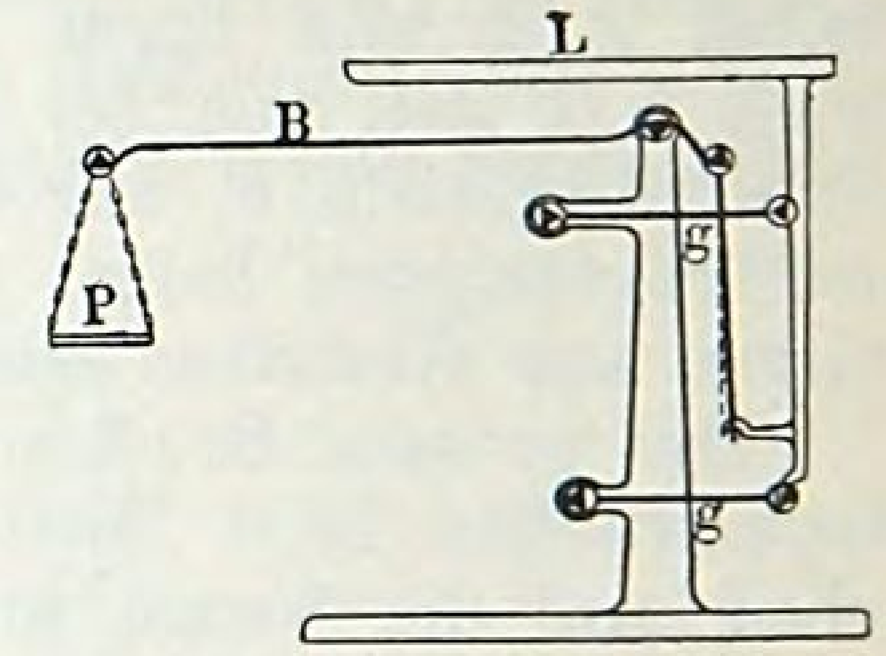


Fig. 902.

Um den Wägemechanismus für grössere Lasten in einem kleinen Raum unterzubringen, wird vielfach eine doppelte Hebelübersetzung mit Laufgewicht angewendet. In der Regel besteht die Einrichtung (Fig. 903) aus zwei parallelen Hebeln A und B, die mittels eines Bügels gelenkartig verbunden und in ein Gehäuse G eingeschlossen sind. Der an dem Hebel A sitzende Haken L dient zur Aufnahme der Last, die Öse K zum Anhängen der Wage, z. B. an einen Kran (Kranwaage). Ist das Gewicht P konstant feststellbar, so hat die Waage die Bestimmung, Lasten von vorgeschriebenem Gewichte abzuwägen, z. B. beim Verladen von Steinkohlen, Koks, Getreide u. dergl., wobei die Zunge z das Gewicht markirt, welches durch Verstellung des Laufgewichtes P auf dem Hebel B für jeden einzelnen Fall abgemessen werden kann. — Sollen mit dieser Waage Lasten beliebiger Grösse gewogen werden, so muss das Laufgewicht P verschiebbar und leicht zugänglich sein.

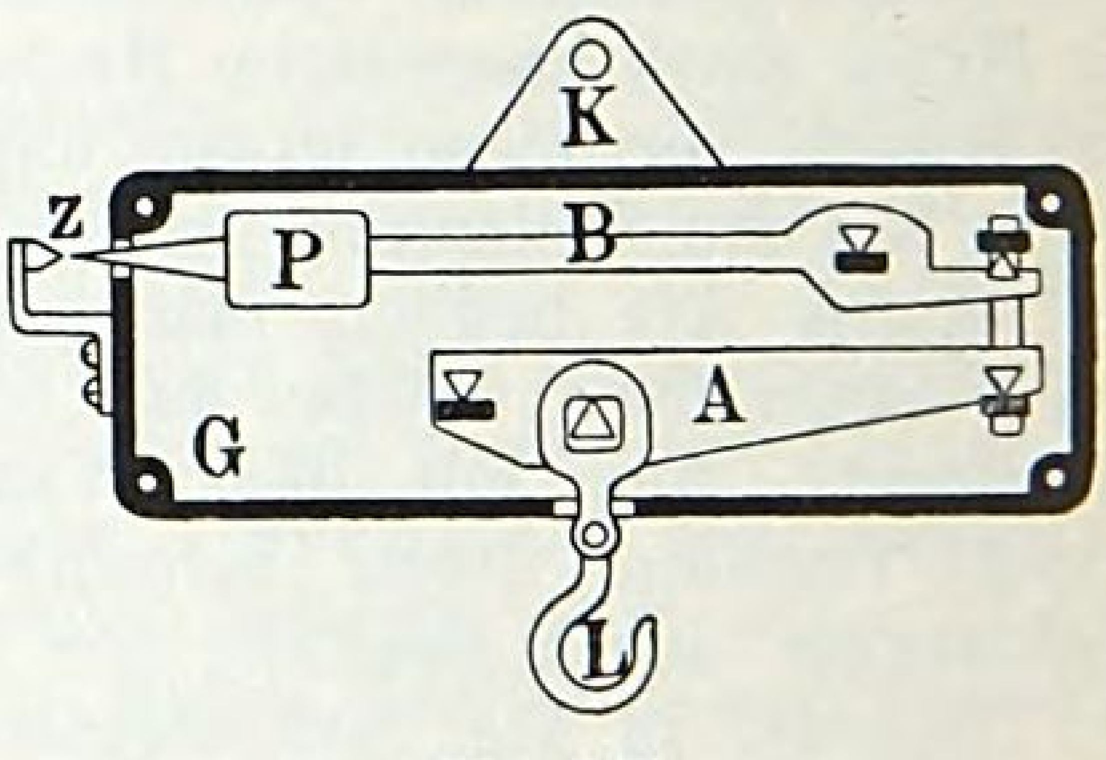


Fig. 903.

Ein im Stützpunkte c frei schwingender zweiarmiger Hebel a c b (Fig. 904) befindet sich im Gleichgewichte, wenn die statischen Momente L . e_1 und P . x gleich sind. Benutzt man demgemäss einen solchen Hebel in der Weise als Waagebalken, dass man an dem einen Endpunkte z. B. ein bestimmtes Gewicht befestigt und an dem anderen Endpunkte a eine Last L aufhängt, so bedingt die Grösse dieser Last die Gleichgewichtslage z. B. $L_1 e = P x_1$. Demnach ist auch umgekehrt die Gleichgewichtslage in Bezug auf die senkrechte c y bestimmend für die Grösse der Last. Da diese Bestimmung aber in einfachster Weise durch den Winkel erfolgen kann, den der Hebelarm b c mit der senkrechten c g einschliesst und an dem Bogen s durch einen Zeiger gemessen wird, so nennt man die auf diesem Prinzip beruhenden Waagen Neigungswaagen und Zeigerwaagen.

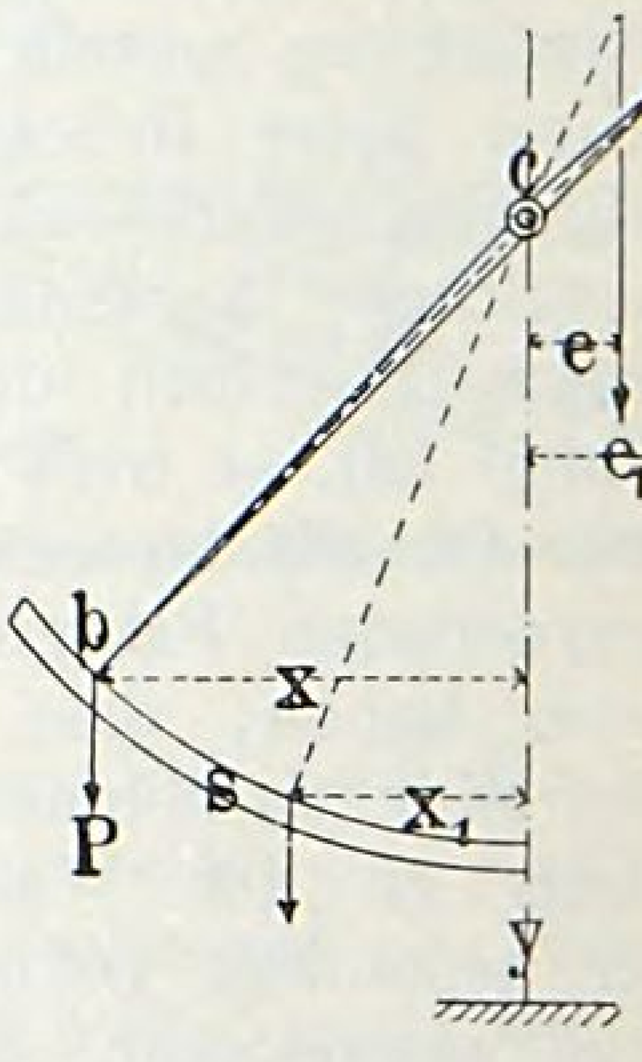


Fig. 904.

Die Neigungswaage ist besonders zum Wägen kleiner Lasten (Garn, Papier, Briefe u. dergl.) beliebt und in sehr verschiedenen Formen, aber stets mit ungleicharmigen Hebeln ausgeführt. Jedoch findet sie auch ihrer

grossen Bequemlichkeit halber Verwendung an Brückenwaagen zum Zwecke in schneller Folge Güter abzuwägen, z. B. in den Expeditionen der Bahnhöfe etc. — Bei kleineren Ausführungen wird der längere Hebelarm gewöhnlich so schwer hergestellt, dass die Anbringung besonderer Gewichtsteile wegfallen kann, die selbstverständlich bei grösseren Lastbestimmungen nicht zu entbehren sind und, gewöhnlich in Linsenform angefertigt, aufgeschoben und mittels Schrauben befestigt werden.

Als Beispiel einer empfindlichen Neigungswaage (Post) mag die in Fig. 905 abgebildete dienen, welche dazu bestimmt ist, direkt in Prozenten die Asche anzugeben, welche beim Verbrennen von 1 *g* Papier, Gewebe, Holz u. dergl. zurückbleibt. Sie besteht aus dem in einen Zeiger a auslaufenden Balken b b, der auf zwei Schneiden z schwingt und bei c einen Drahtbügel zum Abwägen des Probestückes o beziehungsweise der Asche in dem Platinblech oder Drahtröhre r t trägt. Die Skala s s ist nach Zentigrammen geteilt und der Balken so eingerichtet, dass derselbe mit der leeren Röhre (Tara) r t belastet auf Null zeigt. Mit Hilfe des um i beweglichen Hebels e m n wird der Waagebalken, um das lange dauernde Pendeln zu verhindern, gebremst, indem dieser Hebel durch ein geringes Übergewicht das Dreieck m n gegen einen bei z sichtbaren Zapfen des Balkens drückt. Diese äusserst empfindliche, natürlich auch für andere Wägungen sehr bequeme Neigungswaage kann an drei Stellen 1, 2, 3 durch kleine Gewichtschrauben, sowie durch Fusschrauben aufs genaueste eingestellt werden.

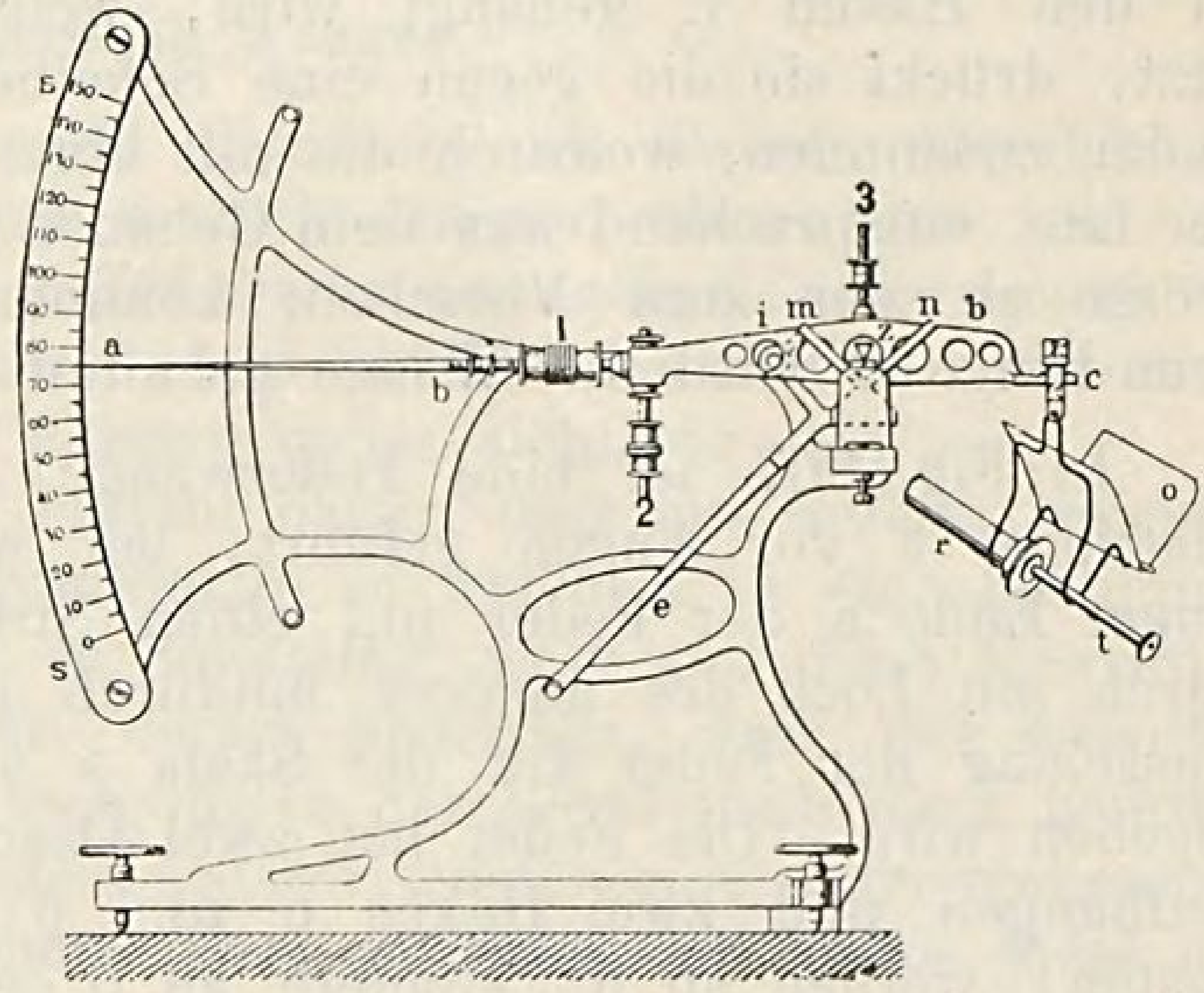


Fig. 905.

B. Federwaagen.

Das Eigentümliche der Federwaage besteht darin, dass die Grösse einer Last durch die Formänderung eines elastischen Körpers (Feder) bestimmt und mittels eines Zeigers angegeben wird, so dass eine Federwaage nur aus einer Feder und einem Zeiger mit denjenigen Teilen besteht, welche die Formänderung der Feder dem Zeiger mitteilen, der Skala zum Ablesen und den Vorrichtungen zur Anbringung der Last, sowie zum Halten der Waage. Voraussetzung für die Möglichkeit einer dauernden Richtigkeit ist die Unveränderlichkeit der Elastizität der Feder und Vermeidung der Überschreitung der Elastizitätsgrenze beim Wägen. Das einzig brauchbare Material zur Anfertigung der Federn ist daher der gehärtete und nachgelassene Stahl. Damit die durch Belastung entstehende Formänderung genügend wahrnehmbar wird, erhalten die Waagenfedern stets eine solche Form, dass die Inanspruchnahme entweder eine Biegung oder eine Verdrehung hervorbringt, weil diese Formen allein einen grösseren Ausschlag hervorzubringen gestatten. In der Regel kommen daher Blattfedern oder

Schraubenfedern (S. 73) und die ersteren als offene, runde und elliptische Ringe, sowie als Blattpaare zur Verwendung. Für grosse Lasten z. B. in Kranwaagen sind Kegelschraubenfedern (Fig. 121 D) vorzuziehen. Die Anbringung des Zeigers erfolgt unmittelbar an dem Lastende der Feder, wenn derselbe nur die Grösse des Ausschlages angeben soll, in der Regel jedoch durch Vermittelung einer Einrichtung, welche den Ausschlag vergrössert wiedergiebt.



Fig. 906.

Zum Wägen kleinerer Lasten ist die in Fig. 906 dargestellte Federwaage sehr bequem, bei der eine Schraubenfeder f in ein rundes Gehäuse g eingeschlossen ist. Wenn die Last an den Haken L gehängt wird, welcher an dem Gehäuse g sitzt, drückt sie die gegen eine Scheibe der Stange s wirkende Feder zusammen, wodurch die mit einer Skala versehene Stange der Last entsprechend aus dem Gehäuse heraustritt und die Lastgrösse an der zum Vorschein kommenden Zahl angiebt. An dem Ringe G wird die Waage gehalten oder aufgehängt.

In Fig. 907 ist eine Federwaage mit elliptisch gebogener Blattfeder F vor Augen geführt, bei welcher der Zeiger z an einem Ende a der Feder um einen Stift drehbar befestigt und durch ein Loch des anderen hindurch gesteckt ist, so dass der Ausschlag der Feder auf der Skala s stark vergrössert wiedergegeben wird. Die Feder hat zwei Ösen m, n zum Halten oder Aufhängen und zwei Haken o und p für die Last. Grössere Lasten, werden an o, kleinere an p gehängt, korrespondierend mit den Ösen m und n. Da die Biegungsverhältnisse nicht gleich sein können, so sind natürlich auch zwei Skalen und zwei Zeigerspitzen notwendig.

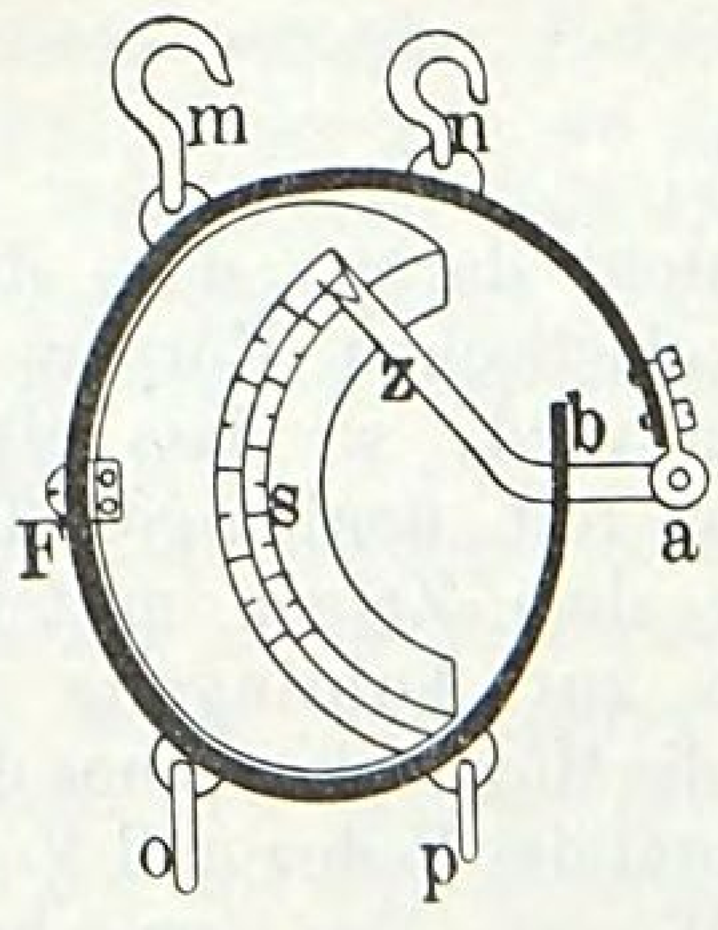


Fig. 907.

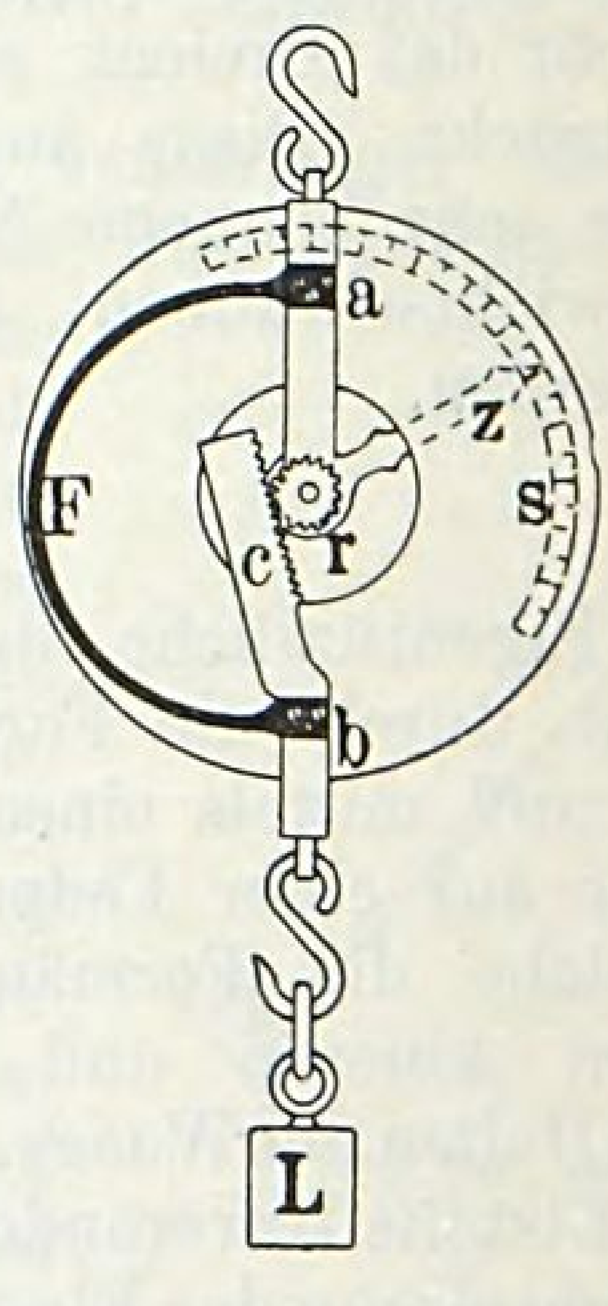


Fig. 908.

Fig. 908 zeigt die Anordnung einer Federwaage mit einer Halbkreisfeder F, die an einem Ende a in einem Gehäuse g festsitzt und am anderen Ende b die Last L aufnimmt, sowie eine Zahnstange c, welche ein Zahnrädchen r und damit einen Zeiger z in Bewegung setzt, der an einer Kreisskala s das Gewicht angiebt.

Die in Fig. 906, 907 und 908 dargestellten Federwaagen können als Grundlage zahlreicher Anordnungen angesehen werden, die für bestimmte Zwecke hergestellt und namentlich auch in der Form oberschaliger Waagen grosse Verbreitung besitzen. Aus der Federwaage Fig. 908 entsteht z. B. eine oberschalige Waage durch Umkehrung, indem dieselbe mit der Stange b nach oben gerichtet in ein Standgehäuse gebracht und mit einer auf b ruhenden Schale, sowie genügender Führung versehen wird. — Mit entsprechend kräftigen Federn ausgestattet finden die durch Fig. 906 u. 907 gekennzeichneten Formen der Federwaagen ebenfalls als Kranwaagen (S. 982) Verwendung.

C. Automatische Waagen.

Die automatischen Waagen haben allgemein den Zweck, kleinkörnige Materialien selbstthätig in gleichen Gewichtsmengen abzuwägen und das Ergebnis der Wägungen auf einem Zählwerke anzugeben. Sie dienen oft zur Kontrolle verbrauchter oder gewonnener Stoffmengen z. B in Brauereien, Brennereien, Zuckerfabriken, und müssen daher aichfähig sein.

Das Wesen ihrer Anordnung besteht darin, dass ein Gefäss, welchem das Material zuläuft, in dem Augenblicke, in welchem es eine bestimmte Menge Material aufgenommen hat, in Bewegung gerät und diese Bewegung auf ein Verschlussorgan am Zulauf derart überträgt, dass das Zulaufen aufhört. Ausserdem wird diese Bewegung in der Regel noch dazu benutzt, das Messgefäss zu entleeren, welches sodann wieder eine entgegengesetzte Bewegung und mit dieser den Zulauf öffnet, so dass sich dieses Spiel unausgesetzt wiederholt.

Zur Erklärung derselben mag die in Fig. 909 zur Darstellung gelangte automatische Waage (Riedinger) dienen.

Das zu verwiegende Material gelangt durch den Zulauftrichter u in die am Waagbalken A hängende Lastschale B zunächst in vollem Strahl, dann schliesst sich langsam eine Regulirklappe, in welcher ein ovaler Schlitz angebracht ist, und so den Zufluss reduzirt, bis die Füllung der Lastschale den auf dem anderen Ende der Waage aufgestellten Gewichtssteinen entspricht, worauf der Zulauf durch eine Klappe G plötzlich abgesperrt wird und die Bodenklappe der Lastschale sich öffnet; hat sich die letztere entleert und seine Klappe wieder geschlossen, so wird auch die Zulaufklappe wieder geöffnet und dadurch eine neue Wägung eingeleitet.

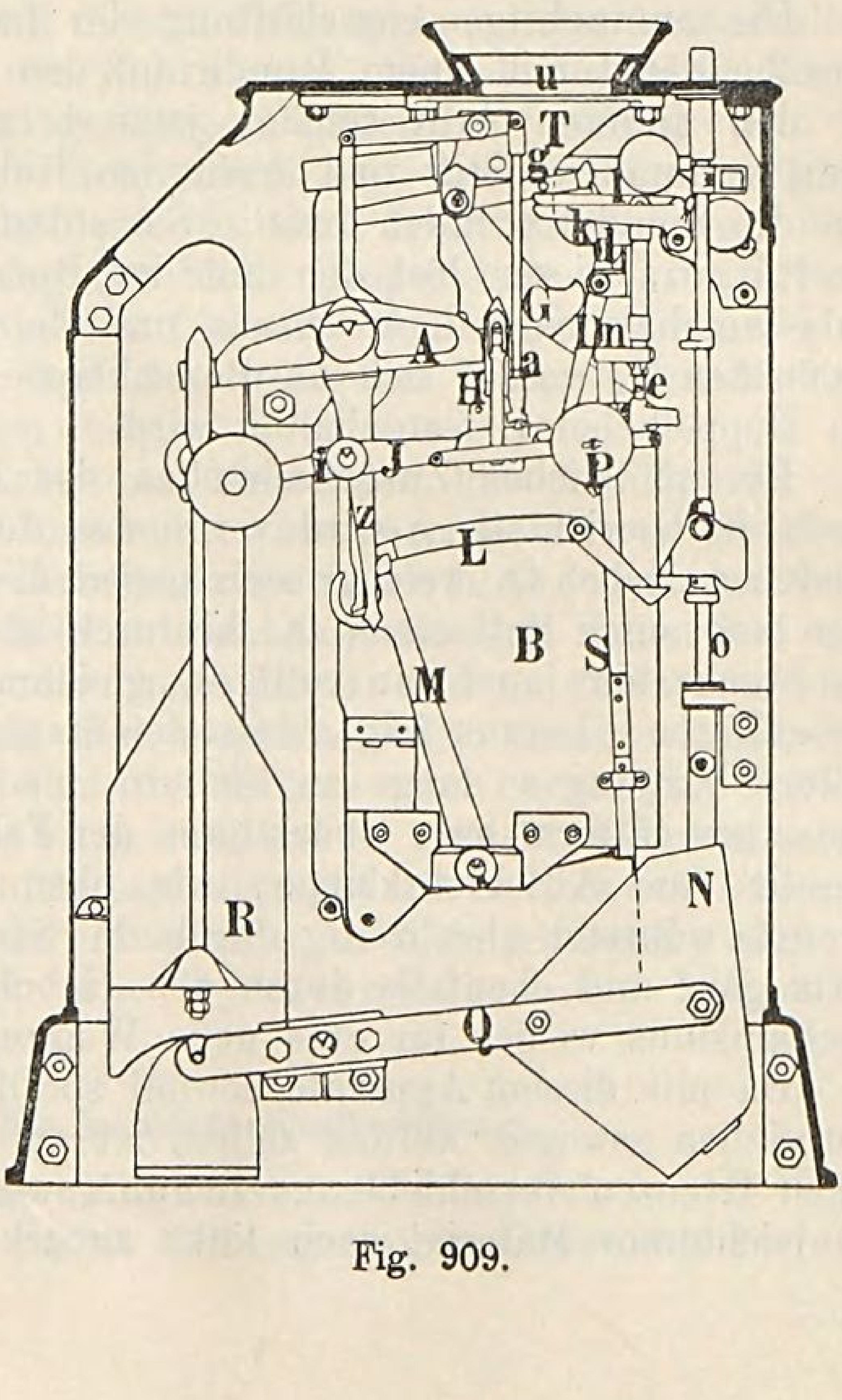


Fig. 909.

Die Bewegung der einzelnen Klappen wird durch das Spiel der Waage herbeigeführt. An dieser halten sich zunächst die leere Lastschale B und die Gewichtsschale R das Gleichgewicht. Durch Aufsetzen der Gewichtssteine auf die letztere wird die Lastschale gehoben, die Regulir- und die Abschlussklappe in folgender Weise geöffnet. Mit dem Waagebalken A, durch eine Hängschiene H verbunden, bewegt sich der ebenfalls in Schneiden sich bewegende Regulirhebel J nach aufwärts, und folglich auch die auf diesem in einer Schneide ruhende Stützstange a, wodurch die mit letzterer durch einen Hebel verbundene Regulirklappe gehoben wird. In ähnlicher Weise geschieht das Öffnen der Abschlussklappe G. An der Lastschale ist in gewissen Grenzen verschiebbar, von der Bodenklappe getragen, die Stange S angebracht, welche mit ihrem oberen Ende den Vorsprung n einer vertikal beweglichen und zugleich drehbaren Spindel e erfasst und dadurch den mit letzterer mittels Gelenkes verbundenen Hebel l anhebt, welcher einerseits die Klappe G am Stifte g empordrückt.

Der Zulauf des Materials beginnt nun, und sobald der Druck der Füllung und der Klappe hinreicht die Lastschale niederzubewegen, senkt sich die Schneide i, und die Regulirklappe wird geschlossen; der Waagbalken bleibt sodann in horizontaler Lage stehen, gehalten von der noch immer schwereren Gewichtsseite. In dieser Stellung findet, wie oben erwähnt, der schwächere Zulauf durch den ovalen Schlitz in der Regulirklappe statt. Ist das Gleichgewicht erreicht und beginnt die Lastschale weiter zu sinken, so trifft ein am Regulirhebel J angebrachter Stift das untere Ende des Tupfers D und dreht es etwas nach links; hiedurch fällt die Abschlussklappe G nieder, indem sie ihren Stützpunkt auf dem oberen Ende d des Tupfers verliert.

Die nunmehrige Ausschüttung der Lastschale vermittelt die Spindel o. Dieselbe hängt mit einem Bunde auf dem einen Arme des Winkelhebels k; auf den anderen Arm schlägt jetzt beim Niederfallen der Klappe G der damit verbundene Stift und dreht den Hebel hiedurch nach links herum, so dass die Spindel o fallen kann. Sie stösst mit der Sperrklinge den Doppelhebel L an, dieser löst den mit der Bodenklappe verbundenen und sie geschlossen haltenden Arm M aus und die Lastschale B entleert sich in den Staukasten N, worauf sich die Bodenklappe sofort wieder schliesst und durch den Doppelhebel L festgehalten wird.

Ein plötzliches Zurückschnellen der Lastschale in seine höchste Lage durch die Gewichtsteine wird vermieden durch den mit dem Staukasten verbundenen Hebel Q, welcher sich gegen die Gewichtschale R legt und so infolge langsamen Entleerens und hiedurch bedingten langsamen Aufwärtsgehens des Staukastens auch ein ruhiges, gleichmässiges Sinken der Gewichtsschale herbeiführt. Hieraus folgt, dass der Staukasten N noch den Zweck hat, eine weitere Wägung so lange zu hindern, bis das abgewogene Material sich aus demselben entfernt hat; ist letzteres der Fall, so werden durch die Lastschale Regulir- und Abschlussklappe, wie oben beschrieben, wieder geöffnet und arretirt, während gleichzeitig durch die Stauklappe das Gestänge o nach aufwärts geht und ebenfalls durch den Hebel k festgehalten wird, so dass der Mechanismus wieder für eine neue Wägung vorbereitet ist.

Da mit diesem Apparate sowohl spezifisch leichtere, wie auch schwerere Materialien gewogen werden sollen, ist auf dem Regulirhebel J ein in gesetzlichen Grenzen verschiebbares Regulirgewicht P angebracht, und ist dasselbe bei leichterem Material nach links zurück und bei schwererem nach rechts

vorzuschieben, und zwar so lange, bis der Zeiger z genau auf Mitte der Skala einspielt. Bei dem Spiel der Waage muss diese natürlich arretirt sein.

Die Übertragung der Angaben der Waage auf das seitwärts angebrachte Zählwerk erfolgt bei jeder Entleerung durch das Sinken der Spindel o, indem dabei ein Hebel gedreht wird.

II. Dynamometer.

Mit Kraftmessern oder Dynamometern bezeichnet man allgemein Vorrichtungen, welche dazu bestimmt sind, die in den Maschinen auftretenden bewegenden Zug- und Druckkräfte zu messen, soweit es sich darum handelt, die von ihnen verrichtete oder verbrauchte mechanische Arbeit zu bestimmen, weshalb auch vielfach derselbe Name für Arbeitsmesser angewendet wird.

Zum Messen von Zug- und Druckkräften, welche in festen Körpern auftreten, bedient man sich ganz allgemein, wie bei den Federwaagen und aus denselben Gründen, passend geformter Stahlfedern, so dass deshalb die S. 983 beschriebenen Federwaagen ebensogut als Dynamometer gelten und gebraucht werden können. In der Regel erhalten die einfachen Dynamometer die in Fig. 914 S. 990 dargestellte Einrichtung nur mit dem Unterschiede, dass die Feder zu einem lang gestreckten Ring geschlossen wird und sowohl eine Druck- als Zugskala trägt. Auch setzt man die Feder aus zwei parallelen Blattfedern zusammen, welche an den Enden durch Ringe verbunden werden. Die Formänderung der Feder, welche der Grösse der zu messenden Kraft entspricht,. überträgt sich in ähnlicher Weise wie bei den Federwaagen Fig. 908 auf einen Zeiger, dessen Stand daher direkt diese Grösse auf einer Skala angiebt. Sollen mit diesem Federdynamometer veränderliche Kräfte (z. B. die durch Zugtiere an Fuhrwerken, Göpeln u. dergl. ausgeübten) unter längerer Beobachtung gemessen werden, so richtet man die Skala beweglich und den Zeiger als Schreibstift ein, so dass dieser zugleich eine Fläche umschreibt, deren Inhalt wie bei dem Indikator die verrichtete Arbeit darstellt, wenn die Bewegung der Skala proportional dem Kraftwege z. B. dadurch erfolgt, dass die Skala auf einer Scheibe oder Trommel angebracht ist, welche von einem Rad des gezogenen Fuhrwerkes Drehung erhält (totalisirende Dynamometer).

Die Messung mechanischer Arbeit an Maschinen hat den Zweck, entweder die in einer Kraftmaschine unter verschiedenen Betriebsverhältnissen entwickelte, oder die von einer Arbeitsmaschine aufgenommene Arbeit zu bestimmen. In beiden Fällen kommt man dadurch zum Ziele, dass man während einer gewissen Zeit die entwickelte Kraft und nebenher die stattgefundene Geschwindigkeit ermittelt und zwar dadurch, dass man die entwickelte Kraft in passender und leicht der Grösse nach erkennbarer Weise verzehrt (indirekte Kraftmessung) oder durch gespannte Federn, Gewichte, Flüssigkeitssäulen etc. unmittelbar misst (direkte Kraftmessung) und je nach der Bewegungsart der Maschine die Umdrehungen oder die Hübe zählt. Danach unterscheidet man Dynamometer für indirekte und direkte Messung.

A. Dynamometer für indirekte Kraftmessung.

Die indirekte Kraftmessung erfolgt fast ausschliesslich in der Weise, dass man die zu messende Kraft durch Reibung mittels Bremsung verzehrt,

also eigentlich in Wärme umsetzt mit Hilfe des Brems- oder Absorptionsdynamometers, als dessen Grundlage der in Fig. 910 vergegenwärtigte sog. Prony'sche Zaum zu gelten hat. Derselbe besteht in der jetzt oft gewählten Ausführung aus einer Scheibe S, welche auf der horizontal liegend gedachten Welle befestigt ist, und aus Bremsklötzen (S. 71), die derart mit einem Hebel A B verbunden sind, dass sie sich mit Hilfe eines Bandes a und Schneckengetriebe b von einer Handkurbel nach Belieben zur

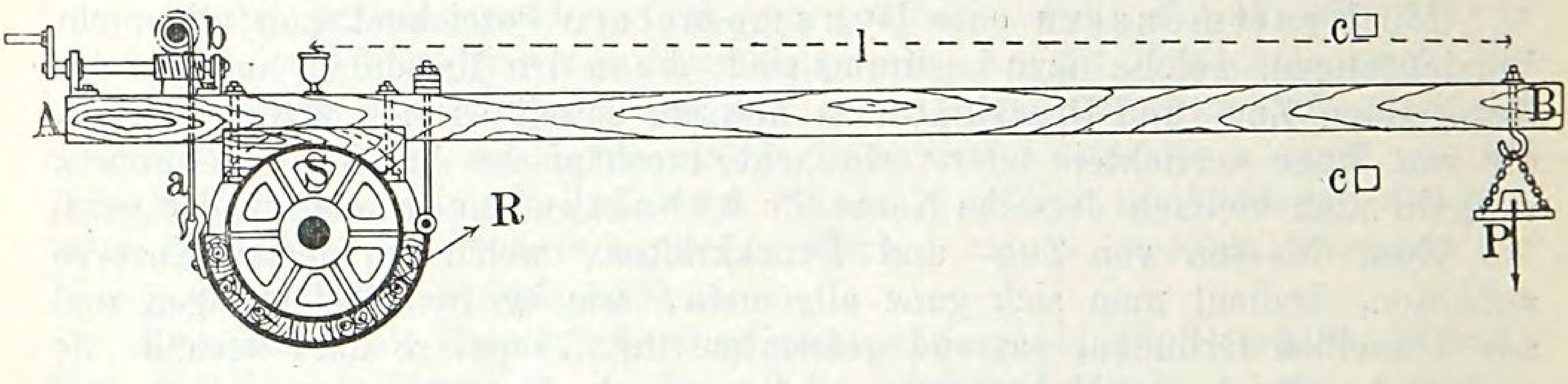


Fig. 910.

Regelung der Reibung anziehen lassen. Die Schale P dient zur Aufnahme eines Gewichtes P von der Grösse, dass der Hebel A B bei der eingezeichneten Richtung der Umdrehung der Bremsscheibe S frei in horizontaler Lage spielt. Bezeichnet man nun mit r den Radius der Bremsscheibe, mit R die Reibung zwischen letzterer und den Klötzen und mit l die Entfernung des Gewichtes P von der Wellenachse, so gilt für die Gleichgewichtslage die Gleichung:

$$R\,r = P\,l.$$

Wird nun die minutliche Umdrehzahl der Welle in diesem Zustande mit n bezeichnet, so erhält man in Pferdestärken ausgedrückt als Arbeit, welche von der Bremse verzehrt wird:

$$A = \frac{2\,r\,\pi\,n}{75\,.\,60}\,.\,R = \frac{n\,R\,r}{716{,}2} = \frac{n\,P\,l}{716{,}2}$$

unter der Voraussetzung, dass das einseitige Gewicht des Hebels ausbalanzirt, z. B. durch Gegengewichte etc. oder von dem Gewichte P nach Reduktion auf die Länge l abgezogen ist. — Damit der Hebel A B nicht herumgeschleudert wird, sind der Sicherheit halber noch zwei Anschläge c, c angebracht, und damit die hölzernen Bremsklötze durch die Reibungswärme sich nicht entzünden, ist während des Gebrauchs dieser Bremse mittels eines Wasserstrahles für Abkühlung Sorge zu tragen, wobei das Wasser zugleich als Schmiermittel dient.

Um die Reibung möglichst konstant zu erhalten, wird auch oft die Kühlung von der Schmierung getrennt, indem man die Oberfläche der Bremsscheibe mit Öl schmiert und die Kühlung von innen vornimmt. Dazu versieht man diese Scheiben an beiden

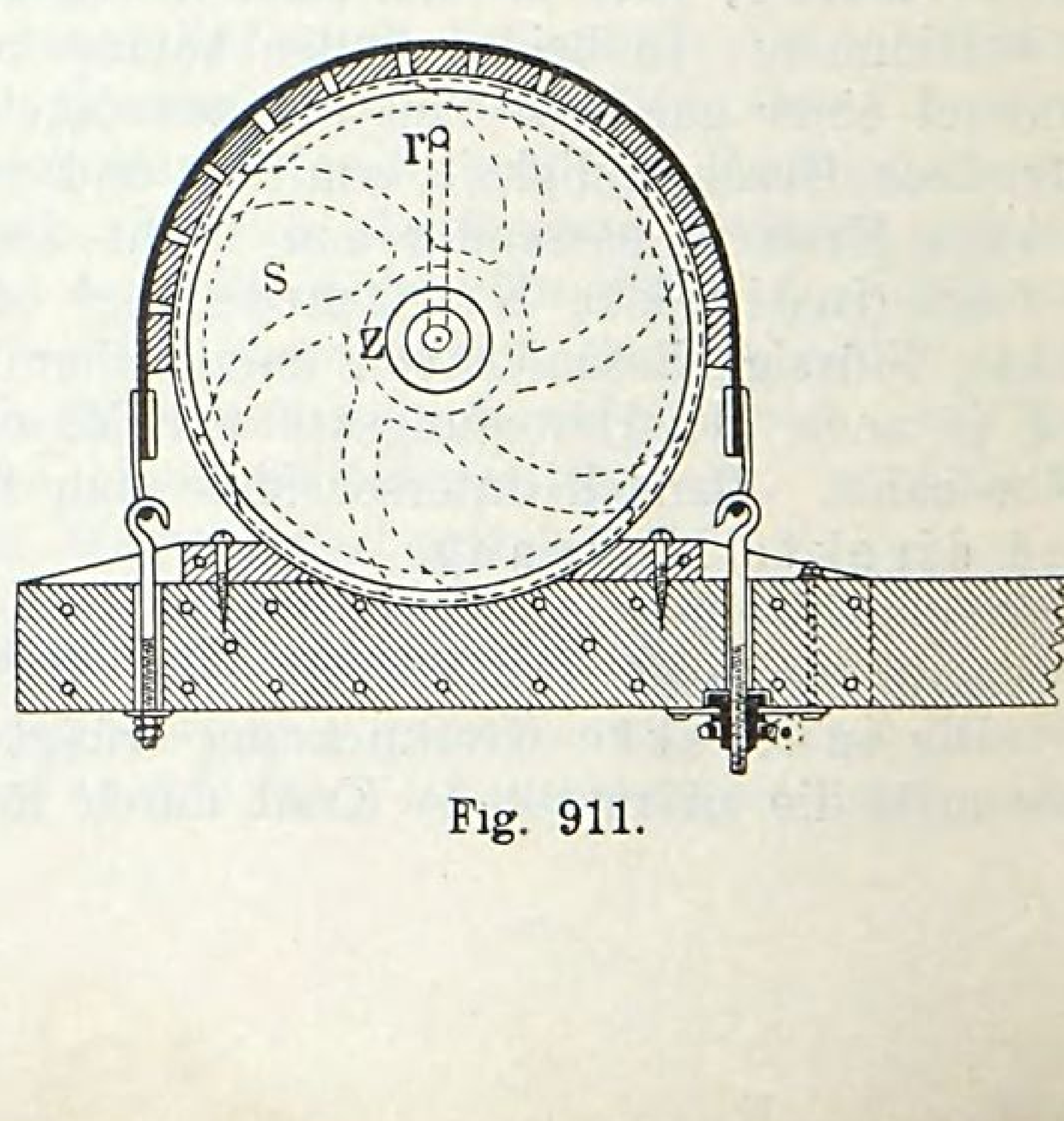


Fig. 911.

Seiten mit breiten Rändern oder schliesst sie vollständig (Fig. 911) mit runden Blechscheiben s s ab, zwischen welchen ein Wasserstrom zirkulirt, zu dessen Ein- und Austritt ein zentrisches Stück z angebracht ist, welches Ein- und Austrittsröhren r aufnimmt und sich in einer Stopfbüchse (Fig. 210 S. 151) dreht.

Um die Kühlung ganz zu umgehen, oder auf kleine Wassermengen zu beschränken, bedient man sich auch vielfach der Bandbremsen (S. 71) mit einem Bande aus Eisen oder Kupfer, welches die Wärme viel schneller abführt als Holz und daher mit Luftkühlung in der Regel keine übermässige Erwärmung hervorbringt. Ein Zaum dieser Art (Brauer) ist in Fig. 912 dargestellt. Um die als eine Riemenscheibe geformte Bremsscheibe ist das Metallband a a gelegt, an welches scheibenförmige Belastungsgewichte G mittels eines Gehänges g angehängt sind, während ein zweites Gehänge als Sicherheitsapparat dient. Die Verbindung dieser Gehänge mit dem Bande a a erfolgt durch Anschlussplatten i i, welche zugleich zwei Blechscheiben s, s mit dem Bremsbande a a verbinden, die den ganzen Apparat kastenförmig abschliesen. Aus dem Gefässe B gelangt durch das Rohr l Schmieröl auf die Scheibe, während ein Wasserrohr w, wenn nötig, Wasser in den inneren Raum spritzt. Das Spannen des Bandes wird durch eine durch den Zweigriff d zu drehende Schraube hervorgebracht, die einen unter dem Bande liegenden Sattel hebt, sowie durch eine Schraube, welche von dem Hebel c bewegt werden kann und zugleich eine selbstthätige Regelung bildet. Zu dem Zwecke ist der Hebel c an zwei Schnüre e e angeschlossen, welche auf einer kleinen Lagerplatte p gespannt sind und bei ab- und zunehmender Reibung von dem zurückbleibenden oder voreilenden Bremsbande angezogen werden und demnach den Hebel c so bewegen, dass die Spannschraube angezogen und gelockert wird. Die Einfachheit dieses Dynamometers in Verbindung mit der Selbstregelung hat demselben grosse Verbreitung verschafft.

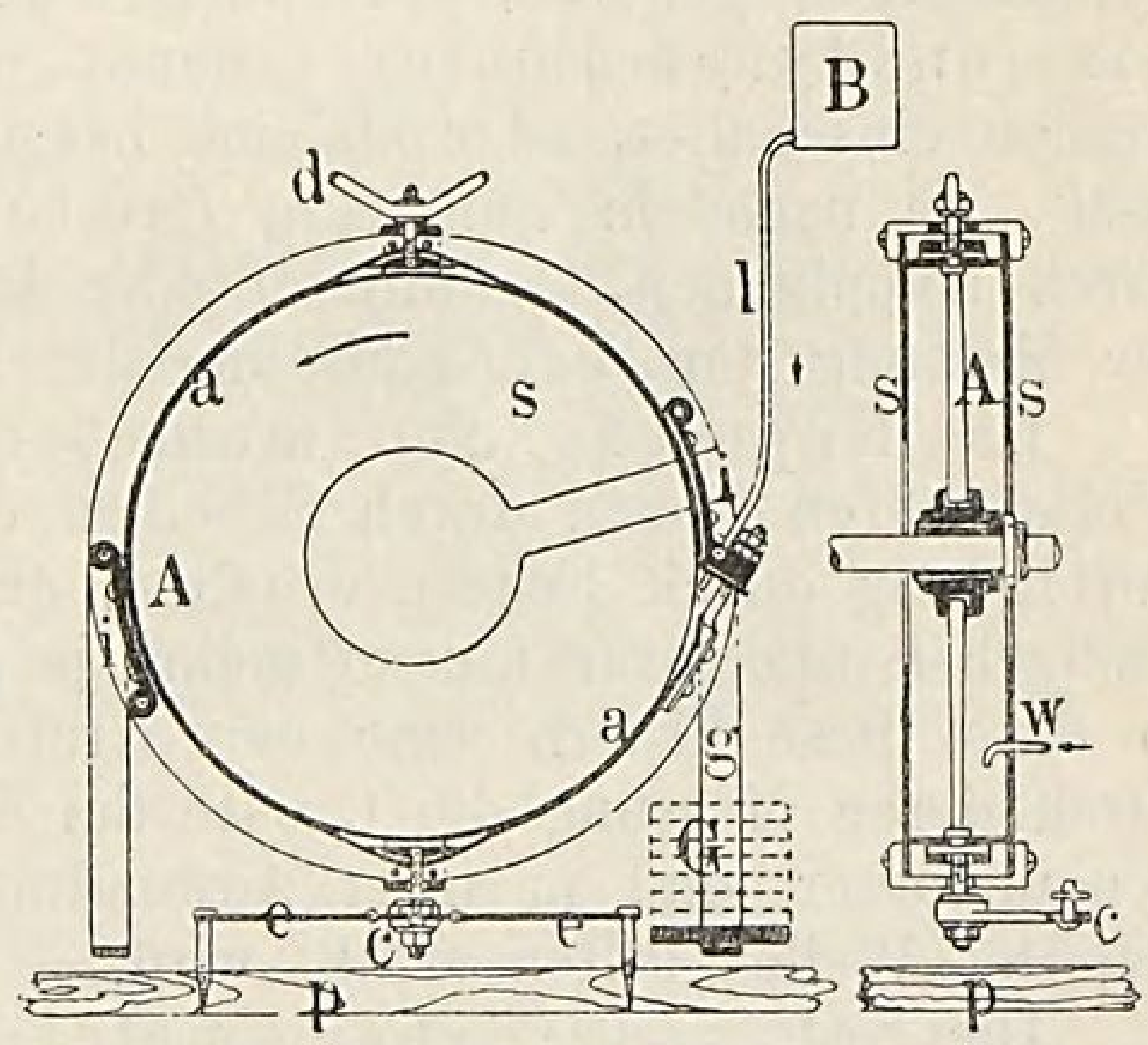


Fig. 912.

Die gewöhnliche Anordnung eines Prony'schen Zaumes bedingt ein labiles Gleichgewicht, das nachgewiesenermaassen in vielen Fällen dadurch in ein stabiles verwandelt werden kann, dass man den Zaum umgekehrt (Fig. 913) namentlich mit der in Fig. 911 näher erklärten Ausführung des Bremsapparates anbringt, was sich daher in vielen Fällen empfehlen dürfte.

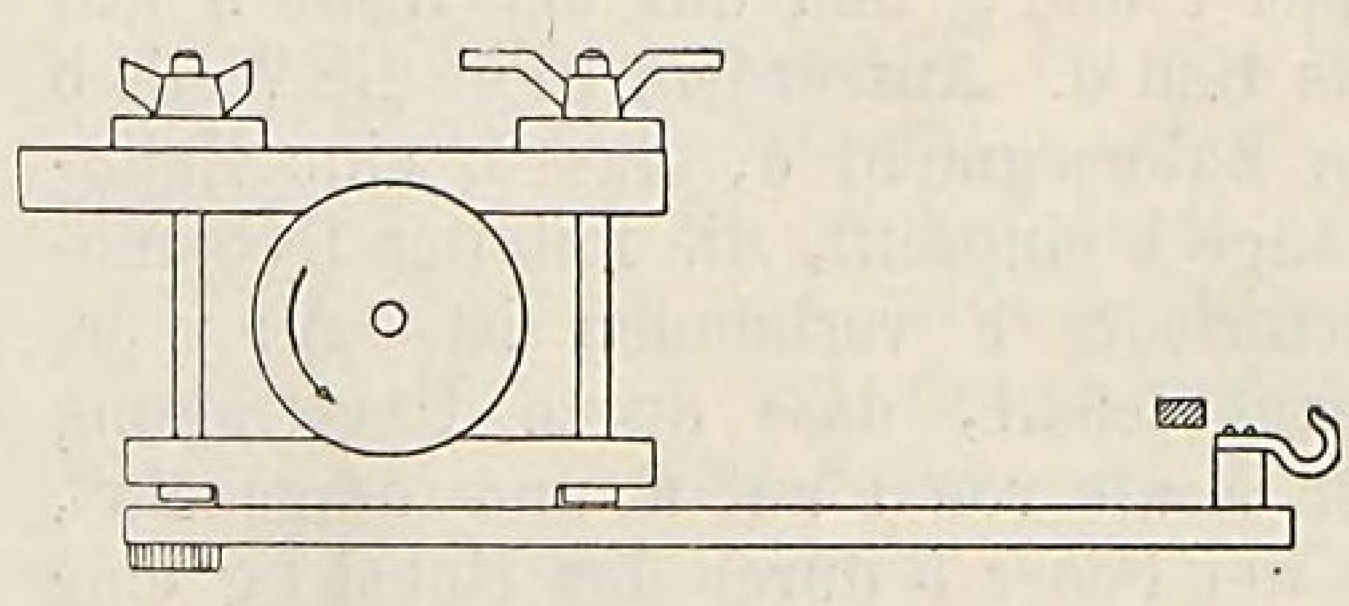


Fig. 913.

B. Dynamometer für direkte Kraftmessung (Einschaltdynamometer, Indikatoren).

1. Einschaltdynamometer.

Zur Messung derjenigen bewegenden Kraft, welche von einer Maschine, z. B. einer Kraftmaschine, auf eine andere, z. B. Arbeitsmaschine zum Betriebe der letzteren übergeleitet wird, also derjenigen mechanischen Arbeit, die von der Arbeitsmaschine aufgenommen wird, bedient man sich gewöhnlich solcher Dynamometer, welche zwischen die abgebenden und aufnehmenden Maschinen eingeschaltet werden können und den Kraftaufwand, der übertragen wird, direkt angeben, weshalb sie zur Gruppe der direkt messenden Dynamometer gehören, aber auch Rotations-, Einschalt- oder Transmissionsdynamometer genannt werden, weil man sie in die Transmission einschaltet, oder als eine besonders ausgebildete Kupplung mitdrehen lässt. Je nachdem nun zum Zwecke der Messung die Arbeitsübertragung durch Kupplungen, Zahnräder oder Riemenscheiben stattfindet, ist die Art der Messung und die Anordnung der Dynamometer verschieden.

Die Kupplungsdynamometer haben als Grundlage eine geteilte Welle, deren Enden durch Scheiben oder Arme gekuppelt werden, die eine Verbindung durch Federn erhalten, die infolge der Verdrehung beider Wellen nachgeben und zwar um so mehr, je grösser die zu übertragende Kraft ist, so dass diese Federn eine der Kraft entsprechende Deformation erleiden, durch deren Messung die Grösse der Kraft gefunden wird. Die Kupplungsdynamometer sind in ihrer Anwendung beschränkt, da die Voraussetzung geteilter Wellen selten erfüllt wird.

Die Zahnräderdynamometer beruhen auf der Bestimmung der Umdrehkraft einer Maschine durch den Druck, den der Zapfen der umlaufenden Welle erleidet, und den man mit einer Schnellwaage oder einer Feder misst. Zur Erklärung dieser Dynamometer mag die in Fig. 914 vor Augen geführte Anordnung (Hartig) genügen, da diese Dynamometergattung wenig Anwendung mehr findet. Dasselbe besteht aus zwei parallelen Wellen h und b mit Riemenscheiben i und c zur Aufnahme zweier Riemen, welche die Arbeit durch ein Zahnräderwerk übertragen. Zu dem Zwecke sitzt auf b lose ein inwendig und auswendig verzahntes Rad a im Eingriffe mit dem auf h festsitzenden Rad n. Innerhalb des Rades a sitzen auf dem Hebel die gleichgrossen Zahnräder f und g und auf der Welle b fest das Rad d. Ausserdem trägt die Welle b ein Zahnsegment e, das in eine Zahnstange k eingreift, die mit der Dynamometerfeder F verbunden ist. Man erkennt leicht, dass durch Übertragung der Kraft von i auf a und umgekehrt, in der Feder F durch den Hebel f g eine Spannung hervorgerufen wird, die dem Widerstande an der Scheibe i oder a das

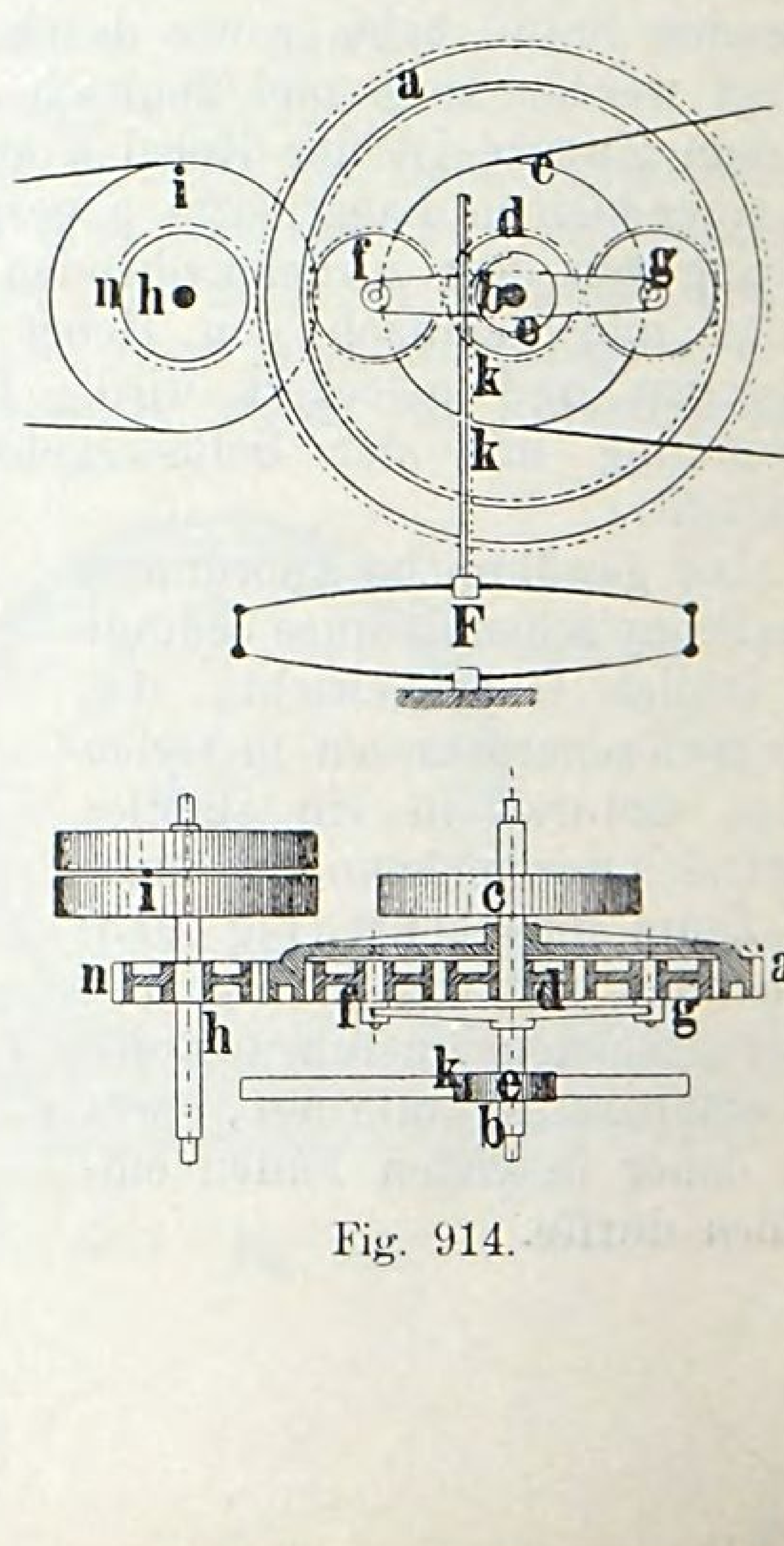


Fig. 914.

Gleichgewicht hält und gemessen die Grösse der Transmissionskraft angiebt. Die Angabe selbst erfolgt auf einem Papierstreifen, welcher an einem Schreibstift vorüberzieht, der mit der Zahnstange k verbunden ist.

Bei den Riemenscheibendynamometern misst man die in Frage stehende Kraft entweder in ähnlicher Weise wie bei den Kupplungs- und Zahnräderdynamometern oder direkt in der Spannungsdifferenz zwischen den ziehenden und der gezogenen Seite des Riemens (S. 51).

Zu der ersten Gattung gehört u. A. das in Fig. 915 zur Darstellung gebrachte Dynamometer (Pittler) mit zwei nebeneinander sitzenden Riemen-

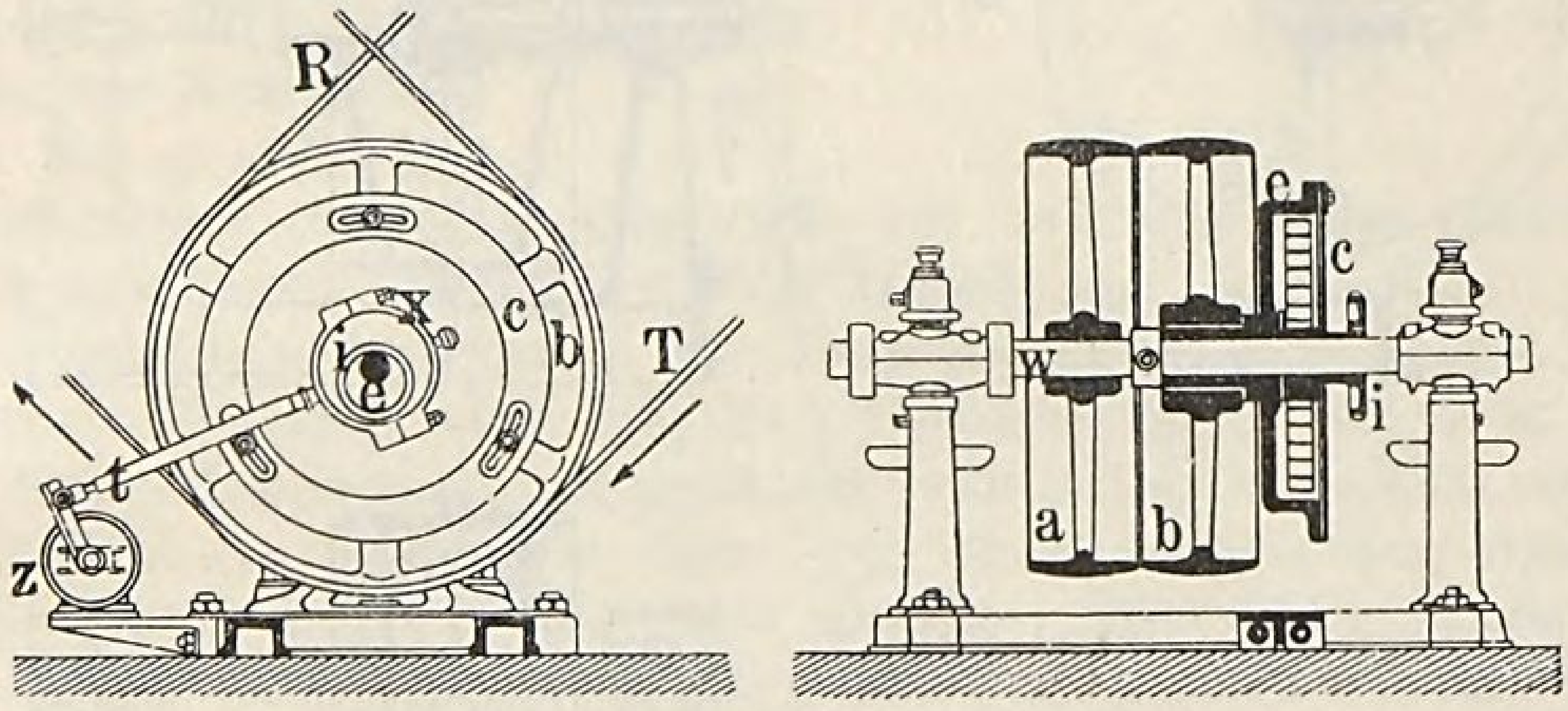


Fig. 915.

scheiben a und b, wovon a auf der Welle w festsitzt, während b von dem Federhause e mitgenommen wird. In diesem Federhause befindet sich eine gewundene Stahlfeder, die mit einem Ende auf der Welle w mit dem andern innerhalb des Hauses e befestigt ist. Wird nun a durch den Riemen R angetrieben, so wickelt die Feder sich so lange auf, bis sie die Spannung erhalten hat, die dem Widerstande der Scheibe b, also dem Zuge in dem Riemen T entspricht, der die Kraft aufnimmt, worauf b mitläuft. Der mit e, i, t, z, bezeichnete Apparat überträgt sodann die Spannung nebst Geschwindigkeit auf ein Zählwerk z. Zu dem Zwecke ist mit dem Federhausdeckel ein Exzenter i und mit der Welle w ein Exzenter e befestigt, wovon i mittels der Schubstange t ein Zählwerk z in Thätigkeit setzt. Verändert sich die Stellung der beiden Exzenter zu einander infolge des Spannungswechsels, so verändert sich auch die Hublänge von t und somit die Zählung. Da nun das Zählwerk so eingerichtet ist, dass ein bestimmter Ausschlag bei einer Drehung der Zählscheibe die Leistung von 1 *mkg* angiebt, so erhält man in der Anzahl der Drehungen zugleich die durch den Apparat hindurchgegangene mechanische Arbeit in *mkg* angegeben.

In Fig. 916 ist ein Dynamometer (Fischinger) dargestellt, bei welchem die treibende Riemenscheibe A die Riemenscheibe B mitnimmt, indem sie sich um die Welle w drehen. Die Mitnahme von B erfolgt durch den Mitnehmer a, der in Taschen von A und B eintritt und bei Übertragung einer Umfangskraft die Achse b in Drehung versetzt, auf der a festsitzt. Die Lager dieser Achse befinden sich auf einem der drei Arme c, d, e, die ein Stück bilden und auf der Achse w festgekeilt sind. Dieses Stück c, d, e, wird durch das nach zwei Richtungen verstellbare Gegengewicht g so ausbalanzirt, dass sein Schwerpunkt in die Achsenmitte fällt. Die Drehung der

Welle b bewirkt nun durch Vermittelung der Stange s und des Winkelhebels t die Verschiebung einer Stange n, welche in der zentrischen Bohrung der Achse w liegt und die Kraft aufnimmt, welche durch Verdrehung der Scheiben A und B auf den Mitnehmer a übergeht. Die Stange n pflanzt den Druck bei i auf den Winkelhebel i p q fort, der bei q ein Laufgewicht

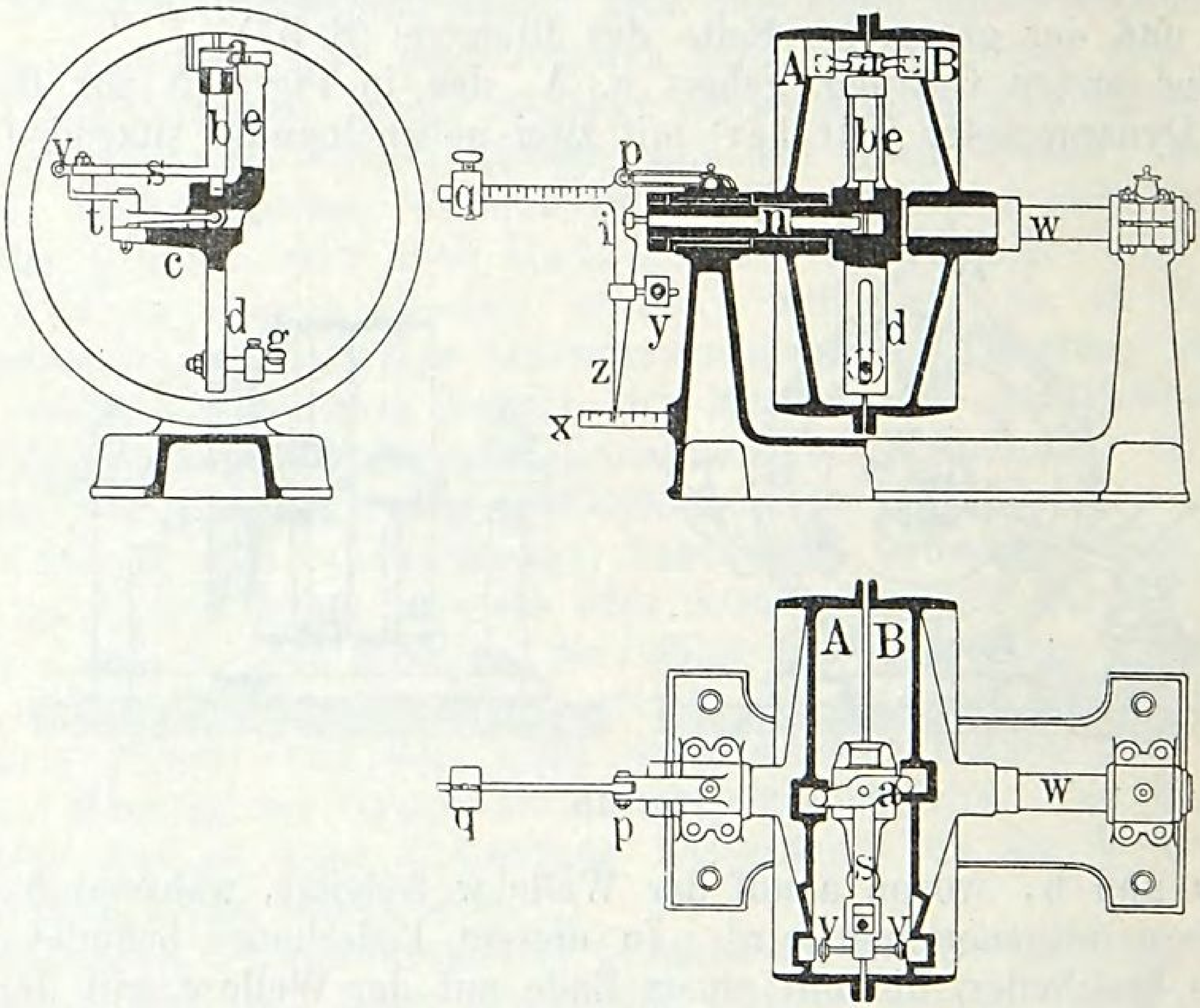


Fig. 916.

trägt, dessen Moment dem Momente der durch n übertragenen Kraft das Gleichgewicht hält, so dass das Gewicht q die Grösse der von B aufgenommenen Kraft angiebt und zwar an der Skala x, auf welcher der Zeiger z spielt. Ein kleines Gegengewicht y dient noch zur Ausgleichung, ebenso die Justirmuttern v, v. Da dieses Dynamometer keine veränderlichen Federn besitzt und innerhalb bedeutender Kraftgrenzen brauchbar ist, so wird es namentlich zur Ermittelung des Arbeitsvermögens der Elektromotoren sehr geschätzt, insbesondere in der Ausführung, bei welcher an Stelle des Laufgewichtes q eine Waagschale angebracht ist.

Die Riemendynamometer, welche die Spannungsdifferenz der Riemenstränge (S. 51) und damit die übertragene Arbeitskraft messen, beruhen ganz allgemein darauf, dass ein verschiebbarer Körper zwischen die beiden Riemenstränge gebracht, durch den Überdruck des Stranges mit grösserer Spannung verschoben und dass das Maass dieser Verschiebung bemerkbar gemacht wird. Eine vielfach benutzte und typisch gewordene Anordnung (Hefner-Alteneck; Fig. 917) besteht aus sieben Rollen a, b, c, d, e, f, g, welche mit Ausnahme der Rolle g fest gelagert sind und die Riemenstränge A und B führen. Die Rolle g liegt in einem Rahmen h, der um die Achse der Rolle e schwingen kann und bei gleicher Spannung der beiden Riemenstränge die gezeichnete Mittellage einnimmt, wobei der Zeiger z auf der Marke einspielt. Tritt dann während der Arbeitsübertragung

eine Spannungsdifferenz ein, so drängt der ziehende Riemen z. B. A die Rolle g mit dem Rahmen h aus der Mittellage in der Pfeilrichtung hinaus und bewirkt durch die Stange t einen Ausschlag des Zeigers. Stellt man sodann mit Hilfe der Feder l und der Schraube i die Mittellage, bei welcher z einspielt, wieder her, so giebt der Zeiger i auf der nebenliegenden Skala direkt die übertragene Kraftgrösse an. Die bei q sichtbare Flüssigkeitsbremse dient zur Dämpfung der unvermeidlichen Schwingungen, das mit k bezeichnete Laufgewicht zur Regulirung.

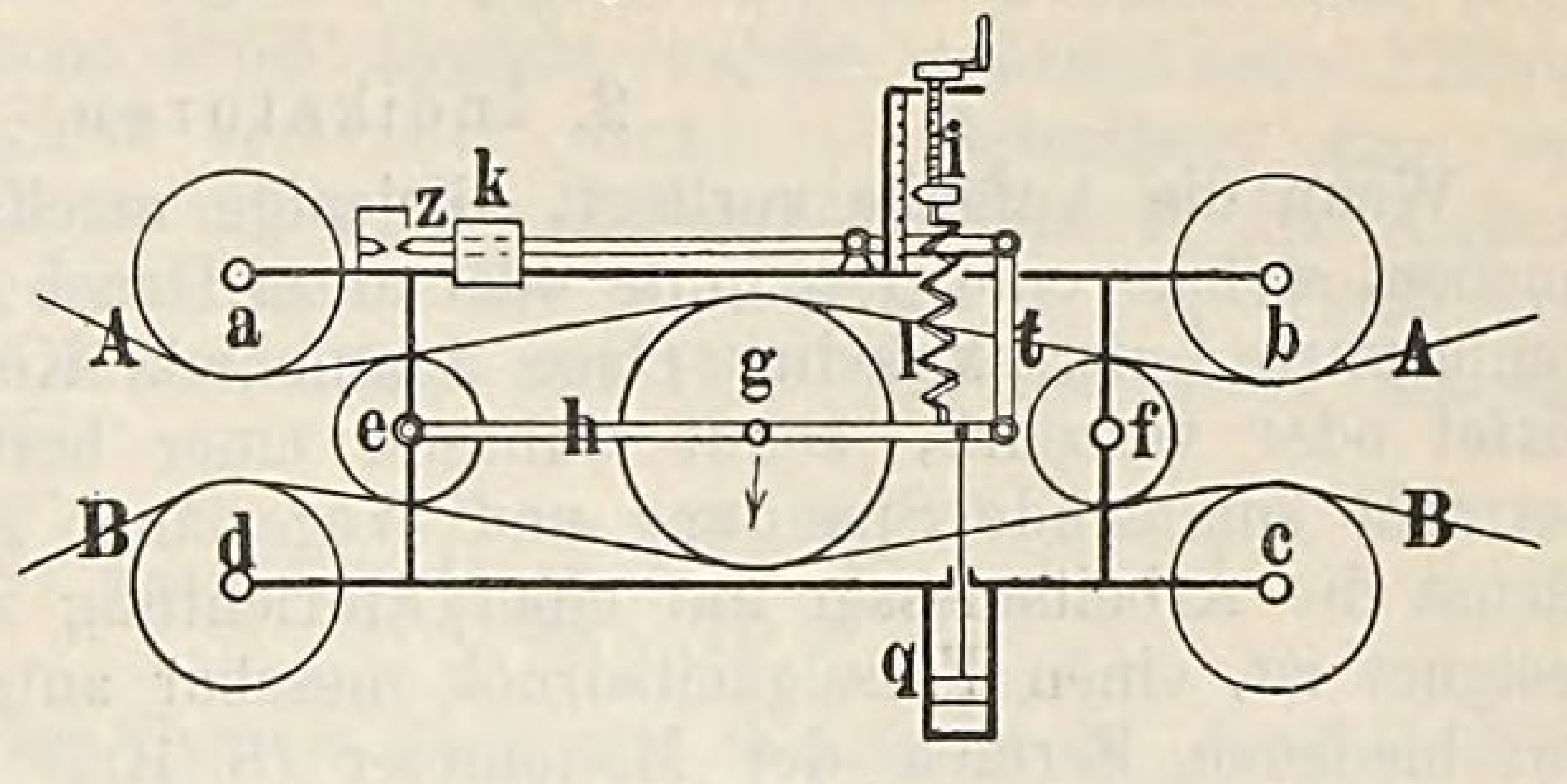


Fig. 917.

Ein ebenfalls auf Messung der Riemenspannungsdifferenzen beruhendes Dynamometer (Banki) ist in Fig. 918 veranschaulicht. In dem Gestelle A befinden sich nebeneinander gelagert um eine Achse a drehbar zwei gleiche Riemenscheiben B, wovon die eine vom Motor angetrieben wird und die andere Kraft an die Werkmaschine abgiebt. Um beide zu dem Zwecke doppelbreite Scheiben läuft der endlose Riemen C, geführt von den Rollen D, D Diese Leitrollen hängen mit dem Lagerkörper L an einem Hebel E F, der um das Ende E drehbar ist und mit Schneiden c auf dem zweiten Hebel G H aufruht, welcher, um e drehbar, bei H ein Gewicht P aufnimmt, welches das System zugleich mit dem sog. Moderator T in der Schwebe hält, welche bei gleicher Riemenspannung mit einer horizontalen Lage gleichbedeutend ist. Ändert sich jedoch also während Kraftdurchleitung die Riemenspannung in der Weise, dass der um die obere Rolle D laufende Riemenstrang auf B treibend wirkt, so hebt sich das ganze System um E und entlastet dadurch den Hebel H G, so dass Q ein Übergewicht erhält. Nun befindet sich an H G eine Zugstange z, welche mit dem Indikator (s. S. 994) J in Verbindung steht, so dass dieser den Kraftüberschuss aufnimmt und registrirt. Zu dem Zwecke befinden sich auf dem Gestelle N die drei Walzen t, t, v, welche von der Schnurrolle R aus durch einen Schneckenantrieb in Umdrehung versetzt werden, so dass ein Papierstreifen von v abgewickelt durch t t hindurchgeführt und wieder auf eine hinter v liegende Walze aufgewickelt wird. Der angelegte Schreibstift des Indikators zeichnet dadurch auf dem Papier eine Schaulinie, welche den ganzen Verlauf der Messung

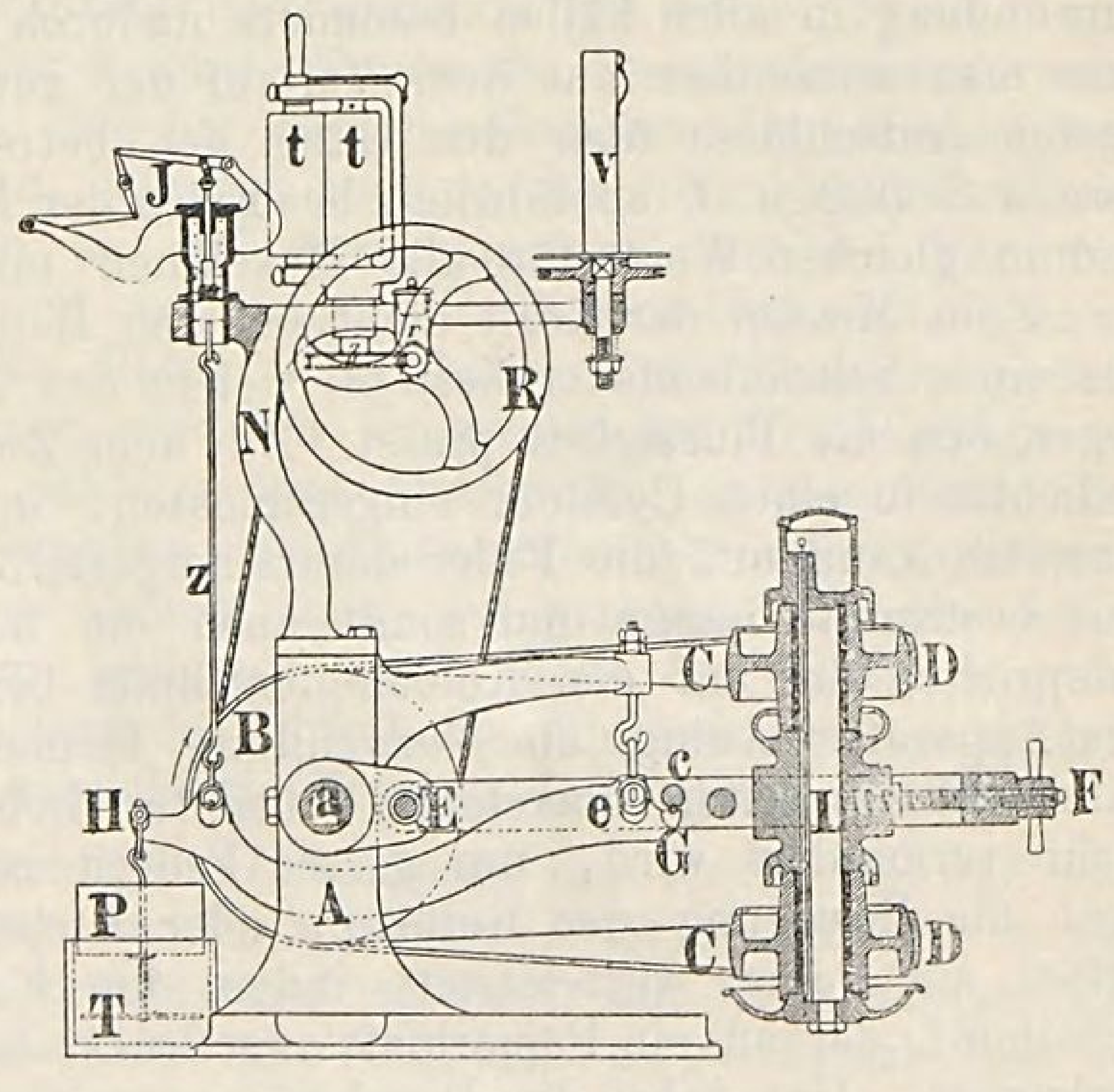


Fig. 918.

darstellt. Eine bei F sichtbare Schraube regulirt die Spannung des Riemens C durch Verschieben des Kreuzkopfes längs des Hebels E F.

2. Indikatoren.

Wenn die Aufgabe vorliegt, diejenige mechanische Arbeit ausfindig zu machen, welche eine gespannte oder unter Druck stehende Flüssigkeit (Dampf, komprimirte Luft, explodirte Gase, Ammoniak, Kohlensäure, Wasser u. dergl.) leistet oder verzehrt, somit während einer bestimmten Zeitperiode die in Betracht kommende Spannung und Wegeslänge zu messen, so müssen zunächst die Arbeitsmesser mit einer Einrichtung ausgestattet werden, welche geeignet ist, einen Flüssigkeitsdruck messbar aufzunehmen, wie sie in den verschiedenen Formen der Manometer (S. 153) Ausführung gefunden hat. Verbindet man sodann nach dem Vorbild des Registrirmanometers (Fig. 217 S. 158), mit einem solchen Druckmesser noch einen Apparat, welcher die Druckschwankungen während eines Zeitabschnittes aufschreibt, innerhalb dessen der Arbeitsaufnehmer einen bestimmten und leicht messbaren Weg zurücklegt, so gelangen in einer solchen Maschine beide zur Bestimmung der Arbeit notwendigen Faktoren „Kraft und Weg“ zum Ausdrucke. Aus diesen Erwägungen sind die unter dem Namen „Indikator“ bekannten Zustandsmaschinen zum Messen mechanischer Arbeit an Dampf-, Gas-, Heissluftmaschinen, Kompressoren, Gebläsen, Pumpen u. dergl. hervorgegangen, deren Anwendung in allen Fällen besonders dadurch von so grosser Bedeutung ist, dass man ausserdem aus dem Verlauf der gewonnenen Schaulinie die wichtigsten Aufschlüsse über den Gang der betreffenden Maschine erhält, wie bereits S. 503 u. f. ausführlich bezüglich der Dampfmaschine erörtert wurde und in gleicher Weise für alle Maschinen mit Flüssigkeitsdruck gültig ist.

Zum Messen der Kraft dient bei den Indikatoren eine Federwaage, die aus einer Schraubenfeder besteht, welche den Druck eines Kolbens aufnimmt, gegen den die Flüssigkeit presst. Zu dem Zwecke ist der Kolben sorgfältig gedichtet in einen Cylinder eingeschlossen, in welchen die Druckflüssigkeit eintreten kann und die Feder derart hergestellt, dass jedem *kg* der Belastung eine bestimmte Länge und somit auch ein bestimmter Ausschlag derselben entspricht, der auf den Kolbenquerschnitt berechnet ist. Die Handlichkeit des Apparates bedingt die Verwendung kleiner Kolben, deren Durchmesser daher 20 *mm* selten übersteigt, aber für hohe Drucke bis auf 10 *mm* und mehr vermindert wird, um grosse Federn zu vermeiden. In allen Fällen wird die Bewegung des Kolbens, „der Ausschlag“, mittels eines Schreibstiftes auf Papier verzeichnet, indem die Kolbenstange einen Schreibstift mitnimmt, der an ein Papierblatt angedrückt wird, das sich unter dem Stifte herbewegt. Um dabei die Druckgrössen mit entsprechender Genauigkeit bestimmen zu können, wird zwischen Kolbenstange und Schreibstift eine Hebelübersetzung eingeschaltet, welche den Kolbenausschlag bedeutend (gewöhnlich 4 bis 6 fach) vergrössert wiedergiebt.

Erhält das Papierblatt eine Bewegung, deren Grösse oder Geschwindigkeit proportional der Geschwindigkeit des Kraftaufnehmers z. B. des Dampfmaschinenkolbens ist, so gewinnt man, unter der Voraussetzung, dass die Papierbewegung rechtwinklig zur Bewegung des Schreibstiftes stattfindet, einen Abschnitt der Schaulinie, welcher der während dieser Zeit entwickelten Arbeit entspricht. Ganz allgemein wählt man bei Kolbenmaschinen nun als solchen Abschnitt den doppelten Kolbenweg (eine Hin- und Herbewegung)

und gelangt infolgedessen zu einer geschlossenen Kurve (Diagramm), welche eine Fläche umschliesst, deren Inhalt (S. 507) als das Produkt aus Kraft und Weg, also die mechanische Arbeit angiebt, welche während eines Kolbenhubes von der Druckflüssigkeit verrichtet wird. — Bezeichnet man den mittleren Kolbendruck auf 1 *qm* mit p, die Kolbenfläche mit F, den Kolbenweg mit s und die Anzahl der Hübe in der Minute mit n, so erhält man als Arbeit pro Minute p . F . 2 s . n daher mit Hilfe des Indikators als sog. indizirte Pferdestärke

$$Ni = p \cdot n \left(\frac{s \cdot F}{30 \cdot 75}\right)$$

Damit die Bewegung des Papiers stets mit Sicherheit in gleichem Verhältnisse zur Bewegung des Kraftaufnehmers steht, wird dieselbe ausschliesslich von der Bewegung des letzteren abgeleitet und zwar dadurch, dass man ein passendes Diagrammpapier auf eine cylindrische Trommel spannt, welche von dem Kraftaufnehmer unter Verwendung von sog. Hubverminderern eine Hin- und Herschwingung von bestimmter Bogengrösse erhält. Die Schwingung erfolgt nach einer Richtung mittels einer Schnur, die von einer Rolle der Papiertrommel abgewickelt wird und die letztere mitnimmt, nach der anderen Richtung von einer Wickelfeder, die in dieser Trommel angebracht ist und durch die Trommelschnur beim Abwickeln gespannt wird, so dass sie die Trommel zurückdreht und zugleich die Schnur wieder aufwickelt. — Zur Bewegung der Schnur können die verschiedensten Anordnungen getroffen werden. Ist, wie bei den gewöhnlichen Dampfmaschinen, eine Kurbelwelle vorhanden, so befestigt man an der freien Stirnfläche der Welle einen Stift, der genau so viel Ausschlag hat, als zur Trommelschwingung erforderlich ist, und verbindet mit diesem Stifte die Schnur, welche über passend angebrachte Rollen Anschluss an die Trommel erhält. In der Regel jedoch befindet sich an dem Kreuzkopf der Kolbenstange ein Mitnehmer zur Aufnahme der Schnur, und unmittelbar an oder neben der Trommel zur Weiterführung derselben der Hubverminderer oder Redukteur, der aus einer grossen und einer kleinen Rolle auf gemeinschaftlicher Achse besteht, deren Durchmesser so bemessen sind, dass die Schwingung der angetriebenen grossen Rolle, vermindert durch die Übersetzung, vermittelst der kleinen Rolle genau die beabsichtigte Trommeldrehung hervorbringt.

Als Grundlage der gebräuchlichen Indikatoren hat der in Fig. 919 dargestellte (Richards) zu gelten. In den Cylinder F ist ein Kolben k eingeschlossen, dessen Stange s mittels einer kleinen, mit Kugelzapfen eingesetzten Druckstange ein Gelenk g (Geradeführung) derart bei der Bewegung des Kolbens in Schwingung versetzt, dass der mit g verbundene Schreibstift i sich geradlinig parallel der Achse der Papiertrommel T bewegt. Die Verbindung des Cylinders F mit dem Flüssigkeitsraum z. B. dem Innern eines Dampfmaschinencylinders erfolgt durch das Verlängerungsstück a, das in ein Muttergewinde des Cylinderdeckels etc. eingeschraubt werden kann und einen Absperrhahn h aufnimmt. Die Kolbenstange s erhält eine lange Führung in dem Cylinderdeckel, der in den Cylinder F eingeschraubt wird und zur Stützung der Indikatorfeder f sowie zur Aufnahme einer drehbaren Scheibe dient, welche die Geradführung trägt, die dadurch um die Stange s drehbar wird, damit man im Stande ist, nach Belieben den Schreibstift i an das Papier anzudrücken oder in der Luft schweben zu lassen. Die Trommel T

ist um die Achse e drehbar gelagert. Sie erhält eine Schnurrolle t zur Aufnahme einer Schnur, die mit einem Ende an der Rolle t festsitzt und von den Rollen r r zugeführt wird, und eine Wickelfeder im Innern, die mit

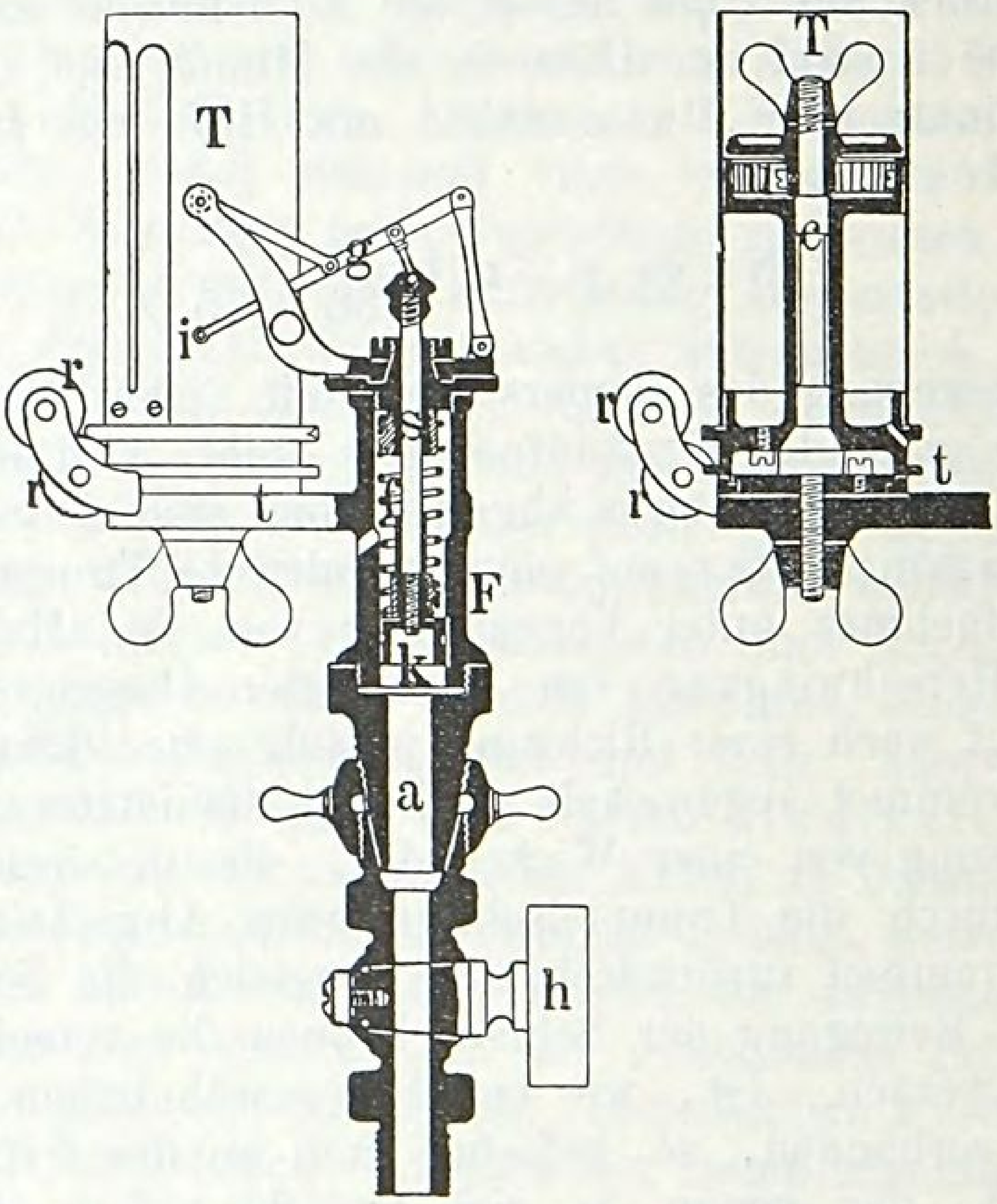


Fig. 919.

einem Ende an dem Zapfen e, mit dem andern Ende an der inneren Wand der Trommel befestigt ist, so dass sie durch Drehung der Trommel mittels der Schnur genügende Spannung erhält, um die Rückdrehung zu bewerkstelligen.

Der Indikator Fig. 920 (Crosby) ist in erster Linie für die Untersuchung solcher Maschinen bestimmt, in welcher rasch grosse Druckunterschiede auftreten, also der Gaskraftmaschinen etc. Derselbe besitzt demgemäss einen sehr kleinen Kolben k (von nur 10 *mm* Durchmesser). Im Übrigen stimmt derselbe vollständig mit dem Indikator für gewöhnliche Zwecke gleicher Bauart überein, die als besonders bemerkenswert die Anordnung der Feder f, der Schreibstiftsführung und der Trommelrückdrehung enthält. Die Feder f ist doppelgängig aus einem Stücke gewunden und mit einer Kugel auf den Kolben k aufgelegt. Zur Geradführung des Schreibstiftes i dient das aus vier Teilen zusammengesetzte Gelenk g, das von der Kolbenstange s aufgenommen wird und die Bewegung des Stiftes i auf der

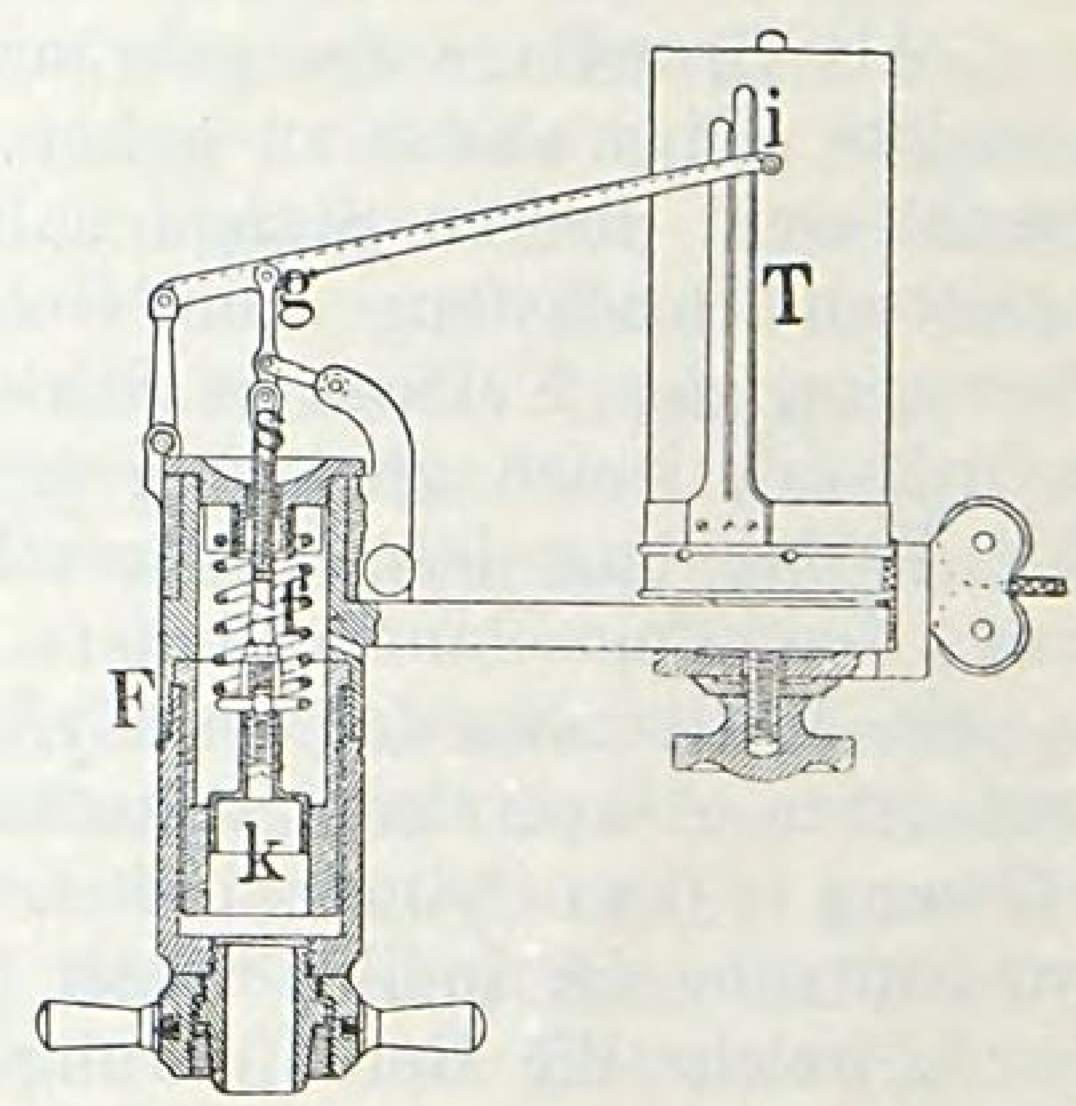


Fig. 920.

Trommel F sechsfach vergrössert. Der Deckel des Cylinders F dient zur Führung der Kolbenstange und hält die drehbare Hülse in ihrer Lage, welche den Schreibapparat trägt, der sich mit ihr mittels eines an dem festen Arme sitzenden Knopfes drehen lässt. Die Trommel T wird auf gewöhnliche Art durch eine aufgewickelte Schnur bewegt, aber zum Zwecke der Rückdrehung nicht mit einer Wickelfeder, sondern mit einer Schraubenfeder (Fig. 121,B S. 73) versehen, weil die Form der Schraubenfeder eine gleichförmigere Schnurspannung hervorruft.

Das auf gewöhnliche Weise entstehende Indikatordiagramm ist nicht ganz richtig, weil die Aufnahme desselben nur auf einer Seite des Kolbens der Untersuchungsmaschine stattfindet, während streng genommen das Diagramm den Zustand aufzeichnen soll, der während des Hin- und Herganges also gleichzeitig auf beiden Seiten des Arbeitskolbens vorhanden ist. Die Herstellung eines richtigen Diagramms kann man durch Verwendung zweier Indikatoren erreichen, die auf die zwei Cylinderenden verteilt sind und deren vollkommen gleichzeitig aufzunehmende Schaulinien in ein einziges Diagramm zusammengetragen werden. Einfacher gewinnt man indessen ein richtiges Diagramm, wenn auf einen Schreibstift gleichzeitig zwei Kolben einwirken, wovon der eine unter der Einwirkung des Druckes der einen, der zweite unter der Einwirkung des Druckes der andern Seite des Maschinencylinders steht. Auf diesem Prinzip beruht der in Fig. 921 zur Darstellung gebrachte Doppelindikator mit zwei Kolben (Schäffer & Budenberg). Die zwei Kolben k und u sitzen auf einer Stange s und wirken daher durch diese gemeinschaftlich mit Hilfe der Geradführung auf den Schreibstift i und unterliegen auch der Spannung nur einer Indikatorfeder. Sie stehen durch die Kanäle e und a derart unter der Einwirkung der Pressungen vor und hinter dem Kolben der Untersuchungsmaschine, dass die Differenzen der Drücke aufgezeichnet werden und zwar je nachdem der Drucküberschuss auf k oder u kommt, durch Auf- oder Abbewegung des Schreibstiftes i, aber stets durch Zusammendrücken der Feder, die zu dem Zwecke zwischen zwei in dem Cylinder F von der Stange s bewegte Platten eingeschlossen ist.

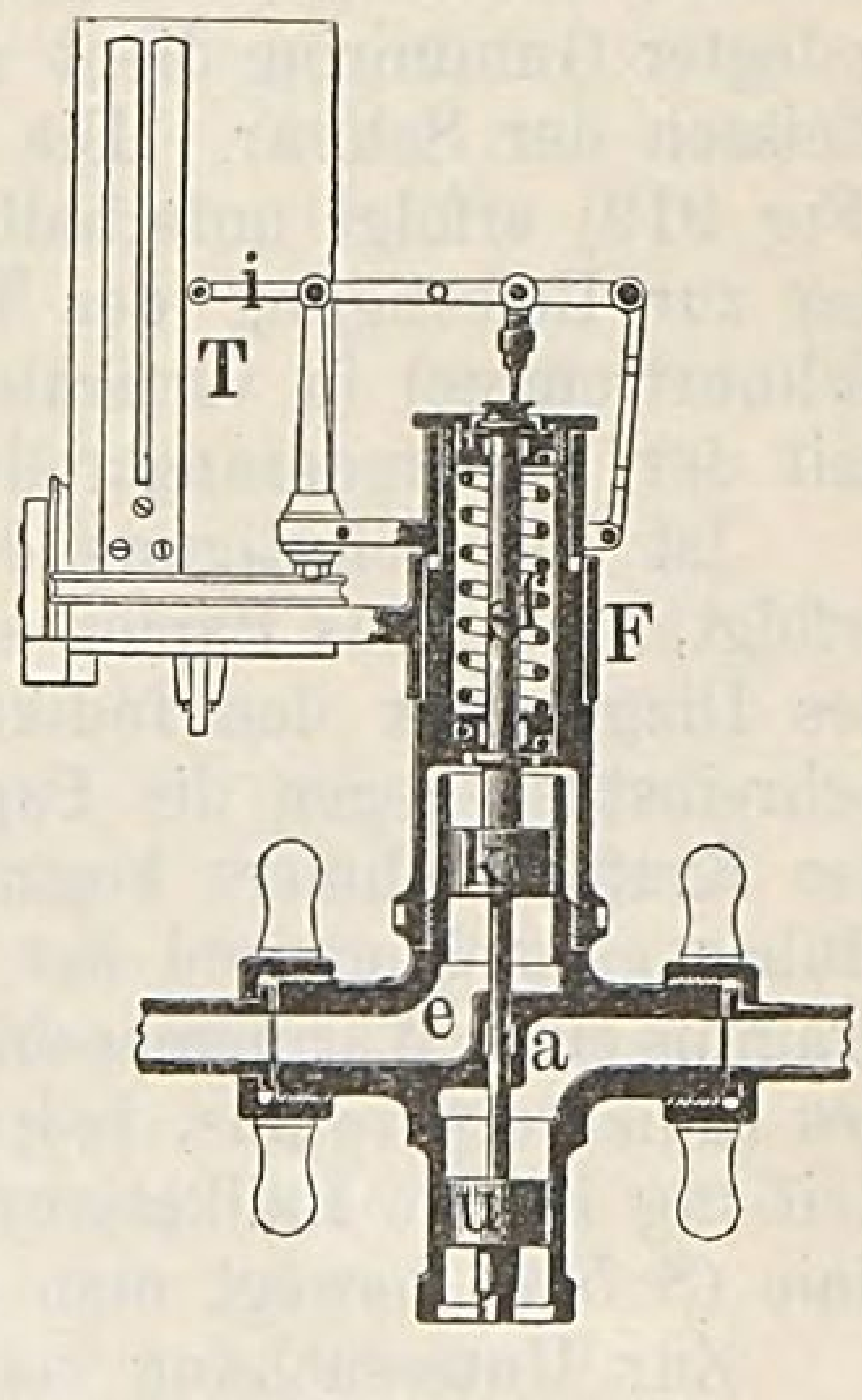


Fig. 921.

Der Gebrauch des Indikators setzt die Verbindung des Indikatorcylinders und der Schreibtrommel mit dem entsprechenden Raum und Bewegungsteile der Untersuchungsmaschine und zu dem Zwecke Verbindungsteile voraus, die sich naturgemäss den einzelnen Fällen anzupassen haben, aber der Hauptsache nach aus verschiedenen geraden und gekrümmten Röhren mit Absperrhähnen, Verschlussschrauben u. dergl., sowie aus den Hubverminderern (S. 995) bestehen. Was die letzteren anbetrifft, so beruhen sie trotz aller Verschiedenheit fast sämtlich auf der Anwendung von Schnurrollen mit verschiedenen Durchmessern, die entweder direkt an dem Indikator, oder an Zwischenstellen mit Hilfe einfacher Gestelle und dergl. angebracht werden.

Unter den zahlreichen Anordnungen der Hubverminderungsrollen ist die in Fig. 922 veranschaulichte besonders wegen der damit erreichten gleich-

mässigen Spannung der Schnur hervorzuheben. Über die Leitrolle r läuft die Schnur in mehreren Windungen auf die Schnurtrommel H, die inwendig eine Wickelfeder P trägt, welche die Rückdrehung unter Beibehaltung der Spannung veranlasst. Die Schnurtrommel H sitzt, von der Mutter M festgehalten, auf der Achse S, die zugleich eine Büchse als Verminderungsrolle aufnimmt, welche von der Rundmutter L angepresst wird. Ausserdem ist diese Achse mit einem Gewinde s versehen, dessen Mutter sich in dem Träger V befindet, so dass sich beim Auf- und Abwickeln der Schnur die Trommel H mit der Achse S hebt und senkt, damit die Schnur sich nicht aufeinander, sondern in einer Schraubenlinie nebeneinander aufwickelt, und somit Geschwindigkeitsänderungen vermieden werden. Ein eingelegter Gummiring dient zur Aufnahme des Stosses und zur Bremsung beim Reissen der Schnur. Die Befestigung des Verminderers mit dem Indikator (Fig 919) erfolgt unterhalb der Indikatortrommel durch den Träger V mittels der zur Befestigung der Trommel T dienenden Flügelmutter, so dass die Schnurtrommel in vertikaler Ebene liegt und die Leitrollen r r des Indikators mit der Verminderungsrolle in eine Ebene zu liegen kommen.

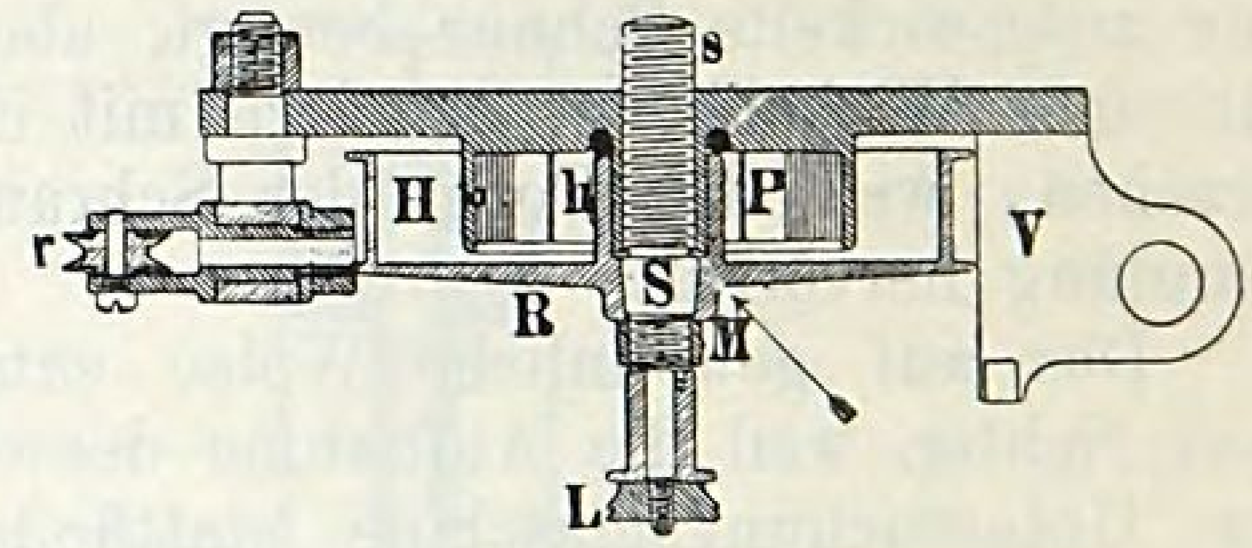


Fig. 922.

Ist die Befestigung des Indikators und die Anordnung der Treibschnur erfolgt, sowie das Papier auf die Trommel gelegt, so öffnet man zum Zeichnen des Diagramms den Indikatorhahn und drückt die Geradführung mit dem Schreibstifte gegen die Papiertrommel in dem Augenblicke an, wo der Hub des Kraftaufnehmers beginnt, nach dessen Vollendung das Diagramm dieses Hubes gezeichnet und der Stift abzuheben ist. — Der Aufnahme des Diagramms einer Wärmemaschine (Dampf-, Gas- etc. Maschinen) geht die Erwärmung des Indikators voraus, indem zuerst der Dampf oder das heisse Gas etc. eine Zeitlang in den Indikatorcylinder eintritt. — Zum Zeichnen der Atmosphärenlinie (S. 505) bewegt man die Trommel bei geschlossenem Indikatorhahn.

Zur Untersuchung von Verbund- oder Mehrfachcylindermaschinen pflegt man die zusammengehörigen Diagramme, welche die Gesamtarbeit zur Anschauung bringen, zusammenzulegen (Rankinisiren) und dabei die Ausrückung des Schreibzeuges durch einen elektrischen Strom zu bewerkstelligen.

In vielen Fällen ist es erwünscht, in stetiger Reihenfolge eine grössere Anzahl von Diagrammen hintereinander zu nehmen und den Indikator dazu mit einer Einrichtung für fortlaufende geschlossene Diagramme auszustatten. Zu dem Zwecke wird entweder nach jeder Aufnahme die Papiertrommel mittels eines Schaltwerkes um etwa 2 *mm* gehoben, oder ein langer Papierstreifen ruckweise unter dem Schreibstifte weggezogen, z. B. dadurch, dass derselbe von einer im Innern der Papiertrommel liegenden Walze ab- und auf eine zweite, ebenfalls im Innern dieser Trommel angebrachte Walze aufgewickelt wird, nachdem er durch einen Schlitz und mittels Führungsrollen über den Trommelumfang hinweggeführt ist.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

III. Teil. — **Kraftmaschinen** oder **Motoren** (Dampfmaschinen, Gaskraftmaschinen, Heissluftmaschinen, Wasserkraftmaschinen). — **Kraftsammler.**

IV. Teil. — **Werkmaschinen.** Transportmaschinen (Winden, Aufzüge, Krane, Fabrikwagen, Pumpen, Feuerspritzen, Gebläse u. s. w.), Zerkleinerungsmaschinen (Stampfwerke Quetschwerke, Brechwerke, Schneidwerke, Mahlwerke), Trennungsmaschinen (Siebmaschinen, Schlämmaschinen, Pressen, Waschmaschinen, Filtrirmaschinen, Trockenmaschinen u. s. w.), Mischmaschinen (Rührwerke, Knetwerke u. s. w.). — Besondere Fabrikationsmaschinen, (Kältemaschinen u. s. w.).

V. Teil. — **Zustandmaschinen.** (Waagen, Messmaschinen, Dynamometer, Registrirmaschinen).

Verlag von Theodor Ackermann, k. Hof-Buchhändler in München:

Asimont, G., Die Berechnung des Tragebalkens mit concentrirter Verkehrslast. Mit 22 Holzschnitten, 2 Tabellen und 2 lithograph. Tafeln. 51 S. gr. 8⁰. 1876. M. 1.80.

Bauer, Georg, Regeln für den Bau der Durchlässe. Separat-Abdruck aus der Zeitschrift des bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Mit 20 Holzschnitten im Text. 24 S. gr. 8⁰. 1871. M. —.40.

— Praktische Erläuterungen zu den „Regeln für den Bau der Durchlässe". Separat-Abdruck aus der Zeitschrift für Baukunde. Mit 7 in den Text gedruckten Figuren. 18 S. gr. 8⁰. 1879. M. —.40.

Decher, Otto, Neues Nivellirinstrument zum Messen von Neigungen, Distanzen und Höhen. 52 S. Lex. 8⁰. 1890. M. 1.80.

Förderreuther, Fr., Beschreibung der elektrischen Läutwerke auf den k. Bayr. Staatsbahnlinien. Separatabdruck aus der Zeitschrift des bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Mit 1 Tafel Abbildungen. 20 S. gr. 8⁰. 1877. M. —.80.

Franke, J. H., Technische Anleitung zu den trigonometrischen Netz- und Koordinaten-Rechnungen in der Kataster- und Forst-Vermessung. Ein Handbuch für Trigonometer und Vermessungsingenieure, bearbeitet auf Grund der Hauptvorschriften der k. Bayerischen Vermessungs-Instruktion mit vergleichender Erörterung weiterer technischer Anweisungen. Mit 4 Tafeln. VIII, LXIV u. 170 S. Lex. 8⁰. 1889. M. 7.—.

Frauenholz, W., Bau-Constructionslehre für Ingenieure. Als Leitfaden zu seinen Vorträgen bearbeitet.

Erster Band: Steinconstructionen. In autographischem Druck mit 180 Fig. im Text. VI u. 324 S. 4⁰. Halbleinenband. 1875. M. 10.—.

Zweiter Band: Holzconstructionen. In autographischem Druck mit 233 Figuren im Text. IV und 294 S. 4⁰. Halbleinenband. 1876. M. 10.—.

Dritter Band: Eisen- und Fundations-Constructionen. In autographischem Druck mit 289 Figuren im Text. IV und 376 S. 4⁰. Halbleinenband. 1879. M. 12.—.

Frauenholz, W., Das Wasser mit Bezug auf wirthschaftliche Aufgaben der Gegenwart. Mit 3 Text-Illustrationen. [IV u.] 71 S. Lex. 8⁰. 1881. M. 1.60.

Frauenholz, W., Garbe, H., Intze, O., Schmidt, P., Wolff, E., Denkschrift betreffend die bessere Ausnützung des Wassers und die Verhütung von Wasserschäden. Im Auftrage des Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine verfasst. 24 S. Folio. 1883. M. —.40.

Hoyer, Egbert v., Das Papier, seine Beschaffenheit und deren Prüfung. Mit 3 Tafeln Abbildungen. VIII u. 54 S. Lex. 8⁰. 1882. M. 4.—.

Loewe, F., Ueber variable Belastung der Eisenbahnbrücken. Mit 24 Holzschnitten. 32 S. gr. 8⁰. 1874. M. —.60.

— Stahlschienen-Profile von Eisenbahn-Schienen. Separat-Abdruck aus der Zeitschrift für Baukunde. 14 S. Imp. 4⁰. 1884. M. —.60.

Müller, Karl, Die Lokomotiven für Bahnen minderer Ordnung oder starker Steigung mit besonderer Berücksichtigung der Zahnradlokomotiven. Ein Hülfsbuch für Studirende und Eisenbahn-Ingenieure. Mit 33 Abbildungen im Text und 8 lithographirten Tafeln. [IV u.] 40 S. Imp. 4⁰. 1880. M. 4.80.

Pinzger, Ludwig, Neue Methode zur Berechnung von Trägern mit unsymmetrischen Querschnittsformen. Separatabdruck aus der Zeitschrift für Baukunde. 27 S. gr. 8⁰. 1879. M. —.60.

Röckl, A. v., Die Versuche der k. bayerischen Staatsbahn über die Widerstände der Eisenbahn-Fahrzeuge bei ihrer Bewegung in den Geleisen. Separat-Abdruck aus der Zeitschrift für Baukunde. 10 S. Imp. 4⁰. 1880. M. —60.

Seemann, Alfred, Die Müller'schen Schieberdiagramme in Anwendung auf die Steuerungen der Betriebsdampfmaschinen bearbeitet. Mit 11 lithographirten Tafeln. VI u. 124 S. Lex 8⁰. 1881. M. 6.—

Weyrauch, Jacob J., Die elastischen Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung, entsprechend den Bedürfnissen der Praxis, mit Berücksichtigung von Gewölben und Bogenfachwerken. Zweite vollständig neu bearbeitete und mit zahlreichen Beispielen versehene Auflage. X u. 313 S. Lex. 8⁰ mit 125 eingedruckten Figuren und einer Tabelle. 1897. M. 9.—, geb. M. 10.—.

Wittmann, W., Die graphische Bestimmung der Maximalmomente einfacher, durch bewegliche Lastensysteme beanspruchter Träger. Mit drei Tafeln Abbildungen. Separat-Abdruck aus der Zeitschrift des bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. 25 S. gr. 8⁰. 1877. M. 1.40

— Der Druck der Gewölbe auf die Lehrgerüste. Mit 11 Holzschnitten und 2 lithographirten Tafeln. 26 S. gr. 8⁰. 1876. M. 1.20

— Beitrag zur Theorie des Erddruckes auf Stützmauern und Stabilitätsbestimmung derselben. Separatabdruck aus der Zeitschrift des bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Mit 4 (Folio-) Tafeln Abbildungen. 31 S. gr. 8⁰. 1877. M. 2.—

DRUCK DER KGL. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHDRUCKEREI DR. C. WOLF & SOHN IN MÜNCHEN.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Hoyer, Egbert <<von>>,

Kurzes Handbuch der Maschinenkunde von Egbert von Hoyer Mit eingedruckten Abbildungen

München 1891

Math.a. 116 fq
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11650293-6